BUREAU DE RECHERCHES
GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
B.R.G.M.
B.P. 6009
45060 ORLÉANS

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE
A.F.M.E.
27, rue Louis Vicat
75737 PARIS

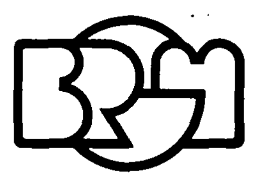
AULNAY-SOUS-BOIS
SONDAGES GÉOTHERMIQUES
- INTERPRÉTATION EXPÉRIMENTALE -

par

F. LEBERT (1)

avec la collaboration de J. ROJAS

(1) Département Géophysique



INSTITUT MIXTE DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX - TÉL.: (38) 63.80.01

Rapport du B.R.G.M.

84 SGN 312 IRG

Réalisation : Département Applications Graphiques

SONDAGE GEOTHERMIQUE D'AULNAY-SOUS-BOIS

- ANALYSE EXPERIMENTALE DES DIAGRAPHIES -

F. LEBERT

RESUME

L'Institut Mixte de Recherche Géothermique (IMRG) a confié, à titre expérimental, au département Géophysique (GPH) la lecture et l'analyse d'un jeu de diagraphies d'un sondage situé à Aulnay sous Bois. Ces diagraphies ont été mesurées par la société Schlumberger (camion CSU).

La lecture des bandes magnétiques livrées par Schlumberger a été réalisée avec les moyens micro-informatiques de GPH.

GPH a mis en oeuvre :

1) les méthodes d'interprétation développées au cours de ses recherches sur les diagraphies (classification automatique et analyse linéaire) ;

2) certaines méthodes utilisées classiquement dans l'industrie pétrolière.

L'ensemble des résultats montre qu'une analyse sérieuse de log est réalisable au B.R.G.M.

Les résultats de cette analyse montrent en particulier l'importance de la dolomie, de la fraction argileuse et de la porosité secondaire par rapport aux possibilités de production des aquifères.

SOMMAIRE

LISTE DES PLANCHES

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION

L'Institut Mixte de Recherche Géothermique (IMRG) a confié au département Géophysique (GPH), à titre expérimental, la lecture et l'analyse d'un jeu de diagraphies d'un sondage situé à Aulnay sous Bois et enregistrées par SCHLUMBERGER (SCHL) (camion CSU). Ces enregistrements sont les suivants :

- logs électriques : latérolog deep (LLD)
  latérolog shallow (LLS)
  microspheric focused log (MSFL)

- logs de porosité : porosité neutron (NPHI)
  temps de transit sonique (DT)
  densité de formation (RHOB)

- logs de radio-activité naturelle : gamma-ray (GR)

Ces enregistrements ont été faits de 1690 à 1835 m.

L' IMRG nous a également fourni les documents suivants :

- codes d'enregistrement sur bande SCHL ;
- représentations des enregistrements au 1/250 ;
- représentation de l'enregistrement de pendagemétrie de la zone étudiée au 1/250 ;
- représentation de l'interprétation FACIOLOG de SCHL de la zone étudiée ;
- représentation de l'interprétation stratigraphique faite à partir des carottes ;
- résultat des tests de pompage sur une série de réservoir ;
- liste des résultats de calci-dolométrie.

Le but du travail de GPH était :

1) étudier les possibilités de lecture de bandes d'origine SCHL.

2) étudier les possibilités de réaliser une interprétation de type FACIOLOG (découpage en électrobancs).

3) étudier les possibilités d'analyse de log en utilisant les méthodes développées dans l'industrie pétrolière.

REMARQUES PRELIMINAIRES

L'examen préliminaire des logs lus sur bandes SCHL (planche 1) et du document FACIOLOG-Aulnay sous bois au 1/250 (planche 2) montre :

1) que l'ensemble des logs présente une corrélation remarquable(sauf la radio-activité).

2) qu'il y a un décalage de profondeur entre les deux types de document : les logs lus sur bandes ont une origine 1 m plus haut que le document FACIOLOG.

La deuxième remarque n'entraîne que quelques précautions opératoires.

La première nous indique que le paramètre physique primordial est sans nul doute la porosité. De plus, les niveaux de gamma-ray indiquent clairement que la présence d'argile est très faible sur l'ensemble du tronçon étudié.

Nous avons procédé selon deux approches :

1) approche globale de l'ensemble des logs ;

2) approche ponctuelle de niveaux bien particuliers : réservoirs R8, R10A, R10B et R12.

Tableau 1 : résultats comparés des deux classifications obtenues par nuées dynamiques sur le sondage IMRG d'AULNAY SOUS BOIS (valeurs moyennes des propriétés physiques pour chaque classe obtenue).

Effectifs I 1	Effectifs I 2	Interprétation	I 1					I 2				
		Type de mesure	MSFL ohm.m	DT µs/f	RHOB	GR cps	NPHI %	MSFL ohm.m	DT µs/f	RHOB	GR cps	NPHI %
		Classe										
63	59	1	8 à 12	64 ± 6	2.53 ± .1	30 ± 9	13 ± 6	6 à 10	64 ± 6	2.50 ± .1	29 ± 9	15 ± 7
151	132	2	9 à 95	58 ± 5	2.67 ± .08	18 ± 7	5 ± 5	9 à 97	57 ± 5	2.66 ± .02	16 ± 7	5 ± 5
-	24	3	-	-	-	-	-	2 à 34	60 ± 6	2.59 ± .1	35 ± 9	9 ± 7
-	4	4	-	-	-	-	-	1.6 à 8	82 ± 4	2.55 ± .06	6 ± 5	12 ± 4
29	42	5	6 à 95	59 ± 6	2.63 ± .1	34 ± 9	7 ± 7	11 à 110	59 ± 5	2.66 ± .08	27 ± 7	6 ± 5
347	383	6	.4 à 4	69 ± 5	2.44 ± .09	9 ± 8	19 ± 6	.4 à 3.6	69 ± 5	2.45 ± .09	10 ± 8	20 ± 6
303	309	7	1 à 12	61 ± 5	2.56 ± .09	13 ± 8	12 ± 6	1 à 12	61 ± 5	2.55 ± .08	13 ± 8	12 ± 6
60	-	8	.2 à 4	70 ± 6	2.41 ± .1	17 ± 9	21 ± 7	-	-	-	-	-

I - APPROCHE GLOBALE

I - 1. Les nuées dynamiques

Nous avons utilisé un programme de classification automatique basé sur l'algorithme des nuées dynamiques (LEBERT, 1982) travaillant sur les outils suivants :

- densité (RHOB) ;
- porosité (NPHI) ;
- sonique (DT) ;
- gamma-ray (GR) ;
- micro-sphéric-focused-log (MSFL : résistivité faible espacement focalisée).

Nous avons effectué deux passages différents.

Les résultats (planche 3 et tableau 1) sont analogues à ceux du FACIOLOG ; les limites de bancs définis par cette méthode sont assez stables. Cela peut s'expliquer par la grande corrélation entre les différentes propriétés physiques.

Remarque importante : nous ne prenons pas en compte l'enregistrement de pendagemétrie, contrairement au FACIOLOG.

Dans l'interprétation I 1, les classes 6 et 8 sont relativement voisines, elles ne diffèrent notablement que par leur niveau de radio-activité.

Dans l'interprétation I 2, la classe 4 n'est due qu'à quatre points représentant des sauts de cycle sonique (# 1722 m) ; en comparant avec I 1, il semble que la classe 3, assez marginale par ses effectifs, rassemble des points relatifs en fait aux classes 1 et 2, vraisemblablement les plus radio-actifs.

Dans les deux interprétations, les classes 5 et 2 sont très voisines : ce sont les plus résistantes, les plus rapides, les plus lourdes et les moins poreuses.

Par rapport à l'interprétation faciolog, la correspondance d'électrofaciès est en générale la suivante :

	Electrofacies GPH	Electrofaciès SCHL
↓	8 et 6	1 et 2
porosité	7	4 et 6
décroissante	1	4 et 5
↓	5 et 2	6 et 7

Les électrofaciès soulignés sont ceux qui sont prépondérants dans l'association.

Les résultats sont assez similaires entre les deux types d'interprétation (SCHL et GPH) ; en règle générale, les réservoirs définis par IMRG sont tous décrits par les électrofaciès 8 et 6 de GPH, sauf le réservoir R7 dont la partie inférieure est en 7. Toutefois, les électrofaciès 8 et 6 ont parfois une extension plus grande que les réservoirs (par exemple R1). On ne peut donc pas les définir uniquement à partir des résultats de classification par nuées dynamiques.

I - 2. L'analyse linéaire

Nous avons utilisé un autre type de programme dont le principe suppose que les propriétés physiques enregistrées en un point soient combinaison linéaire de celles de "corps purs" que nous appelerons des pôles (DOUMENC, 1981), connaissant les valeurs enregistrées en un point de mesure et les valeurs correspondantes de chaque pôle, on peut déduire la teneur apparente de chaque pôle en ce point.

Nous avons travaillé avec la gamme d'outils suivante :

- densité ;
- porosité ;
- sonique ;
- radio-activité,

et nous avons considéré les pôles suivants :

- calcaires ;
- dolomies ;

Tableau 2 : modèle retenu pour les propriétés physiques des différents pôles.

POLES		DENSITE	POROSITE NEUTRON (%)	SONIQUE (µs/pied)	GAMMA-RAY (cps)
Calcaire		2,71	0	47,6	5
Dolomie		2,87	3,5	43,5	5
Argile (ajustage empirique)		2,5	35	110	150
Eau salée	eau 1	1,1	100	185	0
	eau 2	1,1	100	0	0

- argiles ;
- eau 1 (porosité I^{e})
- eau 2 (porosité IIe).

Les valeurs par pôle de chaque propriété physique sont indiquées dans le tableau 2.

Les deux pôles eau 1 et eau 2 expriment la différence de comportement des porosités I^{e} et IIe par rapport au sonique qui est beaucoup plus sensible à la porosité I^{e} qu'à la IIe (DESBRANDE, 1982, p. 253). Cette distinction a été rendue nécessaire par les résultats obtenus sans cette distinction, résultats totalement incompatibles avec les cuttings et la calcidolométrie. Toutefois, la différence entre les deux, pour le sonique, est certainement excessive.

Les principaux résultats sont (planche 4) :

- argiles toujours inférieurs à 20 % ;

- porosité globale atteignant parfois 25 % ;

- calcaire oscillant en général entre 50 et 80 % ;

- sur l'ensemble du log, la dolomie apparaît le plus souvent incompatible avec l'argile (attention, pas toujours vrai) ;

- les passées les plus dolomitiques sont entre 1705 et 1735 et correspondent en général aux aquifères testés dans cette zone (R1 à R8) ;

- le pôle argileux est quasiment nul dans R7A et R10A, contrairement à R7B et R10B.

I - 3. Diagramme LLD x NPHI

Une relation empirique relie la résistivité de formation et la porosité. Ces deux propriétés sont connues avec le plus de précision par les logs suivants :

résistivité de formation : latérolog deep (LLD) ;
porosité : porosité calcaire (NPHI).

Cette relation est la suivante :

$$LLD = \frac{A}{(NPHI)^n}$$

$$\text{Log}_{10}\ (LLD) = \text{Log}_{10}\ A - n\ \text{Log}_{10}\ (NPHI)$$

Un diagramme Log-Log entre LLD et NPHI montre que deux pentes distinctes sont à considérer selon l'importance de la porosité apparente (figure 1) :

(I) NPHI < 5 % : $\text{Log}_{10}\ (LLD) = -\ .739\ \text{Log}_{10}\ (NPHI) + 2.293$

(II) NPHI > 5 % : $\text{Log}_{10}\ (LLD) = -\ 1.946\ \text{Log}_{10}\ (NPHI) + 3.095$

Ces valeurs ont été obtenues par régression linéaire.

Le domaine I est assez faiblement représenté : deux bancs continus de 1785.65 à 1787.9 m et de 1814.3 à 1817.6 m, ainsi que quelques points isolés entre 1827.8 et 1834.2 m.

II - APPROCHE PONCTUELLE

Quatre zones représentant trois "réservoirs" testés en production ont été particulièrement étudiées :

- R8 : 28 % de la production du puits ; 1730.3 à 1733 m ;
- R10A : 5 % de la production du puits ; 1754.7 à 1759.2 m ;
- R10B : 0 % de la production du puits : 1759.2 à 1763.3 m ;
- R12 : 0 % de la production du puits ; 1787.6 à 1798.8 m.

Toutes les zones apparaissent sur les logs (planches 1 et 2) comme des passages conducteurs, poreux, légers, rapides et peu radio-actifs ; toutefois la zone R10B montre manifestement un changement graduel de ses

propriétés physiques dans un sens défavorable à la production, changement surtout sensible en porosité et en densité, et moins sensible en sonique et en radio-activité.

Par rapport à l'analyse linéaire ces bancs montrent l'importance du pôle dolomie, seul pôle visiblement lié à la capacité de production ; au contraire les porosités ne semblent pas intervenir. Toutefois, ces remarques restent très qualitatives.

Notre approche ponctuelle a consisté à utiliser les méthodes classiques mises au point dans l'industrie pétrolière : diagrammes croisés des outils de porosité (densité, porosité et sonique), diagrammes croisés résistivité x porosité et diagrammes croisés des paramètres M x N.

1) Diagrammes des outils de porosité

a) Diagramme porosité neutron x sonique (fig. 2 à 5)

R8 : influence dolomitique prépondérante.
R10A : influence dolimitique prépondérante.
R10B : évolution régulière des points de la barre dolomie à la barre calcaire.
R12 : net mélange calcaire dolomie. On peut penser qu'une petite fraction argileuse (cf. résultats analyse linéaire) peut faire surestimer la porosité et donc décaler les points vers la barre dolomie.

b) Diagramme densité x porosité (fig. 6 à 9)

R8 : dominante calcaire. Influence dolomitique.
R10A : dominante calcaire, faible influence dolomitique.
R10B : dominante calcaire.
R12 : dominante calcaire.

c) Diagramme densité x sonique (fig. 10 à 13)

R8 : dominante calcaire, pas d'influence dolomitique (au contraire).
R10A : dominante calcaire.
R10B : dominante calcaire.
R12 : dominante calcaire.

d) Commentaires

On voit donc que les diagrammes faisant intervenir le sonique sont assez contradictoires, puisque le diagramme densité x sonique exclue toute influence dolomitique, alors que le diagramme porosité sonique indique pour R8 et R10A une dominante dolomitique et pour R10B et R12 une nette influence dolomitique.

Toutefois, une augmentation du ΔT sonique sur les deux types de diagramme rendrait leurs indications cohérentes : elle éloignerait les points de l'axe dolomie vers l'axe calcaire dans le diagramme porosité x sonique, et provoquerait le contraire dans le diagramme densité x sonique. On sait (§ I - 2) que le sonique est plus sensible à la porosité I^{e} qu'à la porosité IIe alors que la densité et la porosité neutron sont sensibles à la porosité globale. Le sonique marque donc un déficit de porosité apparente par rapport à la densité et à la porosité neutron, en présence de porosité secondaire.

Compte tenu de ce phénomène, on peut considérer que les contradictions relevées dans les différents diagrammes des outils de porosité sont liées à l'existence de porosité secondaire, qui serait plus importante en R8 et R10A qu'en R10B et R12.

2) Diagrammes M x N

a) Définition des paramètres M et N

- D'après BURK J.A., COMPBELL R.L. et SCHMIDT A.W., 1969 :

$$M = \frac{\Delta tf - \Delta t}{\rho - \rho f} \qquad \text{et} \qquad N = \frac{\varphi f - \varphi}{\rho - \rho f}$$

ou Δt représente la mesure sonique, φ la porosité neutron, ρ la densité et où l'indice f est relatif au fluide imprégnant les pores.

Ces paramètres sont empiriques et caractérisent au premier degré la matrice constituant les roches, que celle-ci soit quelconque (Δt, φ et ρ connus par diagraphies) ou mono-minérale (valeurs théoriques).

L'intérêt de ces paramètres est de comparer leur valeur expérimentale (tirée des diagraphies) à celle des valeurs théoriques d'une matrice monominérale donnée :

$$Mo = \frac{\Delta tf - \Delta tma}{\rho ma - \rho f} \qquad \text{et} \qquad No = \frac{\varphi f - \varphi ma}{\rho ma - \rho f}$$

où l'indice ma est relatif à un minéral donné.

- Tous ces calculs supposent entre les propriétés physiques des roches et celles des constituants une relation linéaire ou intervient la porosité vraie (X) :

$$P = Pma\ (1 - X) + Pf\ X$$

$$\frac{P - Pma}{Pf - Pma} = X \qquad \text{et} \qquad 1 - X = \frac{Pf - P}{Pf - Pma}$$

où P est une propriété physique quelconque (sonique, densité ou porosité neutron), X est la porosité et 1 - X la proportion en masse de matière sèche.

On s'aperçoit alors que :

$$M = \frac{\Delta tf - \Delta t}{\rho - \rho f} = \frac{\Delta tf - \Delta t}{\Delta tf - \Delta tma} \times \frac{\rho ma - \rho f}{\rho - \rho f} \times \frac{\Delta tf - \Delta tma}{\rho ma - \rho f} = \frac{1 - X_s}{1 - X_d} \times Mo$$

de même :

$$N = \frac{1 - X_n}{1 - X_d} \times No$$

où M et N sont relatifs à une matrice monominérale poreuse,

Mo et No sont relatifs à une matrice monominérale non poreuse.

X_s, X_d et X_n sont la porosité de la roche calculée successivement avec le sonique, la densité et le neutron.

- Dans le cas de N, avec ou sans porosité secondaire, en cas de matrice propre (exempte d'argile), $1 - X_d \# 1 - X_n$

$$\frac{N}{No} \# 1$$

Le paramètre N caractérise la matrice et par l'hypothèse de linéarité on peut apprécier la proportion des constituants.

- Dans le cas de M, X_s est la porosité primaire X_1, X_d est la somme de la porosité primaire et secondaire $X_d = X_1 + X_2$, alors :

$$\frac{M}{Mo} \# 1$$

quand il n'y a pas de porosité secondaire.

Quand il y a de la porosité secondaire $\frac{M}{Mo}$ dépend à la fois de la porosité secondaire et de la porosité totale ; pour une porosité totale donnée, $\frac{M}{Mo}$ croît avec la porosité secondaire.

b) Description des diagrammes (fig. 14 à 17)

R8 : dominante calcaire, porosité secondaire : en fait deux groupes de points :
- un petit groupe aligné sur le N du calcaire, donc à porosité IIe variable,
- un à légère tendance dolomitique et à porosité IIe.

R10A : dominante calcaire, légère tendance dolomitique, porosité IIe.

R10B : pas de différence avec R10A.

R12 : dominante calcaire, tendance dolomitique marquée pour certains points, mais porosité secondaire plus faible que dans les trois cas précédents.

c) Commentaires

On pourra constater sur le log de l'analyse linéaire que les renseignements apportés par les diagrammes M x N concordent avec ceux de cette méthode, en particulier en ce qui concerne la matrice (réservoir R8 séparé en deux parties assez dolomitiques, par une petite barre purement calcaire).

En ce qui concerne la porosité secondaire, celle-ci est en général assez faible. Tout au long du log et les petites variations ne sont pas forcément significatives. Compte tenu de l'imprécision avec lesquelles les valeurs des pôles sont connues (surtout le pôle argile) et la sensibilité du sonique par rapport à la porosité secondaire.

Toutefois, il est intéressant de constater qu'effectivement la porosité IIe du R12 apparaît légèrement inférieure à celle de R8, R10A et R10B.

3) Diagrammes LLD x NPHI (fig. 18 à 21)

R8 : $\log_{10}$ (LLD) = - 1.89 Log_{10} (NPHI) + 2.958
nuage bien aligné.
R10A : Log_{10} (LLD) = - 1.2458 Log_{10} (NPHI) + 2.166
nuage assez bien aligné
R10B : Log_{10} (LLD) = - .497 Log_{10} (NPHI) + 1.175
nuage présentant manifestement deux familles distinctes dont une parallèle aux points de R10A.
R12 : Log_{10} (LLD) = - 1.931 Log_{10} (NPHI) + 3.057
nuage bien aligné, mais concentré vers la forte porosité.

Toutes ces valeurs ont été obtenues par régression linéaire. Les coefficients de pente significatifs (réservoirs R8, R10A et R12) sont inférieurs ou égaux au coefficient obtenu pour l'ensemble de la zone étudiée.

Ils sont relativement faibles par rapport au coefficient empirique retenu habituellement pour les calcaires (2 à 2.3), ce qui peut être lié à leur type de porosité.

III - SYNTHESE DES RESULTATS

III - 1. Lecture des données

Nous n'avons pas détaillé le travail réalisé pour la lecture des enregistrements seuls. Si celui-ci a été efficace (fig. 22 à 24), il est resté au niveau "manipulation de laboratoire".

Ce qui veut dire que la lecture des bandes SCHL ne peut être actuellement conçu comme une routine opérationnelle. Il reste à la concrétiser par un logiciel cohérent et adapté. Ceci ne sera fait que si une demande sérieuse se fait sentir.

III - 2. Résultats de l'approche globale

La découpe en électro-bancs par les "nuées dynamiques" ne saurait rivaliser avec les interprétations SCHL comme FACIOLOG qui font intervenir la pendagemétrie.

Cependant, de l'aveu même de IMRG ce type d'interprétation ne répondait à toutes les questions qu'ils se posaient en particulier au niveau des différents comportements de réservoirs apparemment identiques.

Il semble que les résultats de l'analyse linéaire associés à l'étude ponctuelle réservoir par réservoir soit plus intéressante :

- liaisons dolomie/production des aquifères ;
- importance de la porosité IIe ;
- importance des fines (pôle argiles).

III - 3. Résultats de l'approche ponctuelle

L'étude ponctuelle des réservoirs est intéressante particulièrement quand on a à sa disposition les trois outils de porosité (sonique, densité, neutron) pour réaliser :

- les diagrammes 2 à 2 ;
- les diagrammes M x N.

Ces diagrammes permettent sous le contrôle de cutting et carottes une approche fine des réservoirs.

Les résultats ne sont ou ne pourront toujours être parfaits et en cas d'étude de longue haleine il serait impératif d'accroître le nombre de types de traitements pour cerner au plus près la réalité.

En ce qui concerne les diagrammes LLD x NPHI une recherche bibliographique s'impose pour en appréhender toutes les implications.

CONCLUSION

L'étude de ce sondage se révèle donc intéressante puisqu'elle permet de montrer avec des moyens relativement simples que l'interprétation de log diagraphie peut être menée à bien efficacement au B.R.G.M. L'essor actuel de la mini-informatique apporte en effet une aide énorme (traitement et représentation) à l'analyste.

Le passage de l'expérimentation à la routine suppose toutefois un réel effort pour acquérir d'une part une documentation complète sur les types de traitements à utiliser, leur mode d'emploi et leur interprétation, ainsi que pour la concrétisation de cette recherche bibliographique en une bibliothèque de programmes utilisables de façon routinière par les analystes.

BIBLIOGRAPHIE

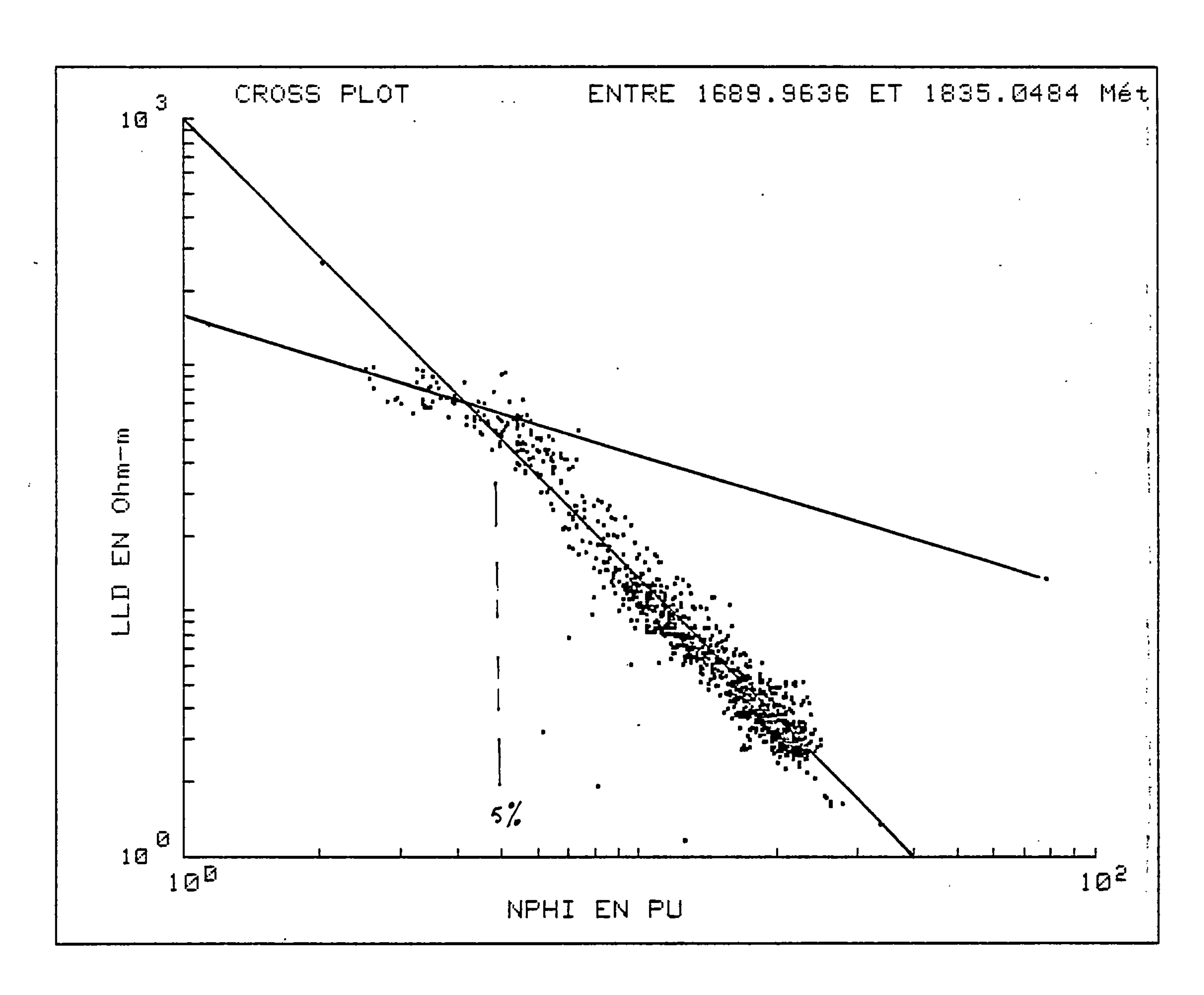
BURKE J.A., CAMPBELL R.L., SCHMIDT A.W. (1969) - The lithoporosity crossplot. A method of determining rock characteristics for computation of Log data. SPWLP. Tenth annual logging symposium May 25-28, 1969.

DESBRANDES R. (1982) - Diagraphies dans les sondages. Editions Technip.

DOUMENC C. (1981) - Diagraphies en prospection charbonnière. Essai d'interprétation pétrophysique. Mémoire pour l'obtention d'un diplôme d'ingénieur de l'Ecole d'ingénieur géophysicien de l'université Louis Pasteur Strasbourg I.

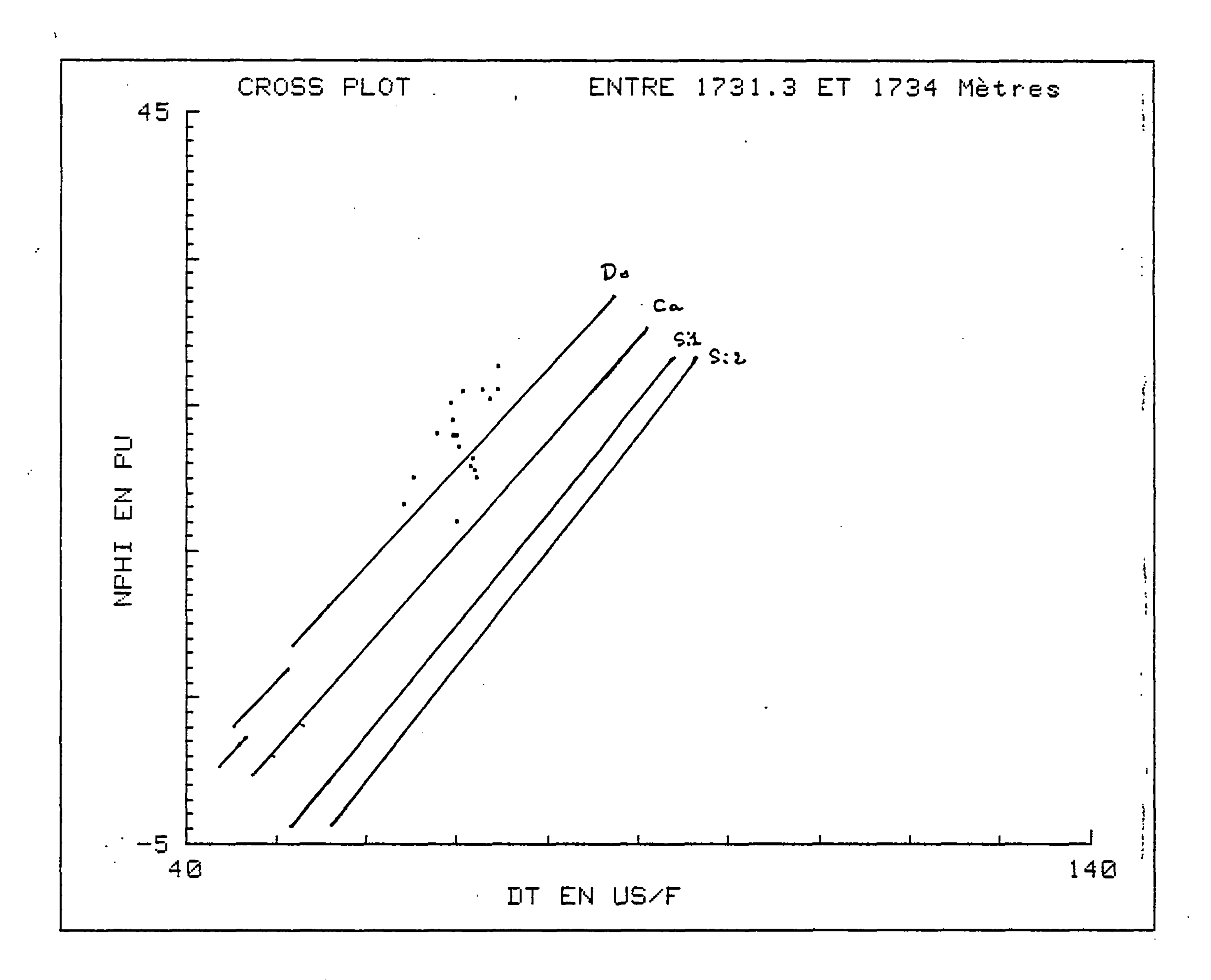
LEBERT F. (1982) - Applications des techniques de diagraphies dans le domaine de la prospection minière sur deux sites volcano-sédimentaires bretons : Bodennec et Porte-aux-Moines. Thèse doctorat-ingénieur. Institut national polytechnique de Lorraine.

- FIGURE 1 -

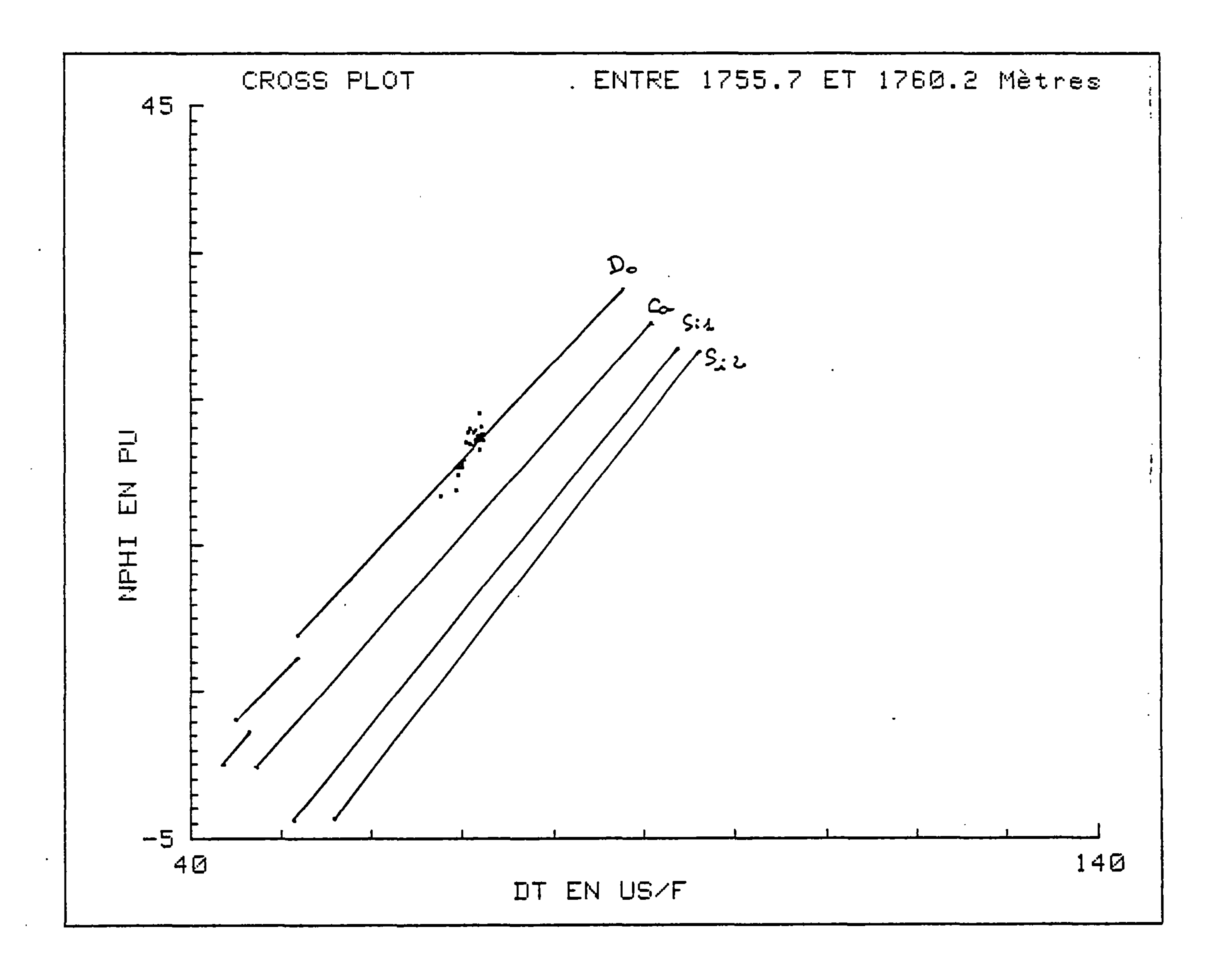


CROSS PLOT
ENTRE 1689.9636 ET 1835.0484 Mét
10^3
10^0
LLD EN Ohm-m
5%
10^0
10^2
NPHI EN PU

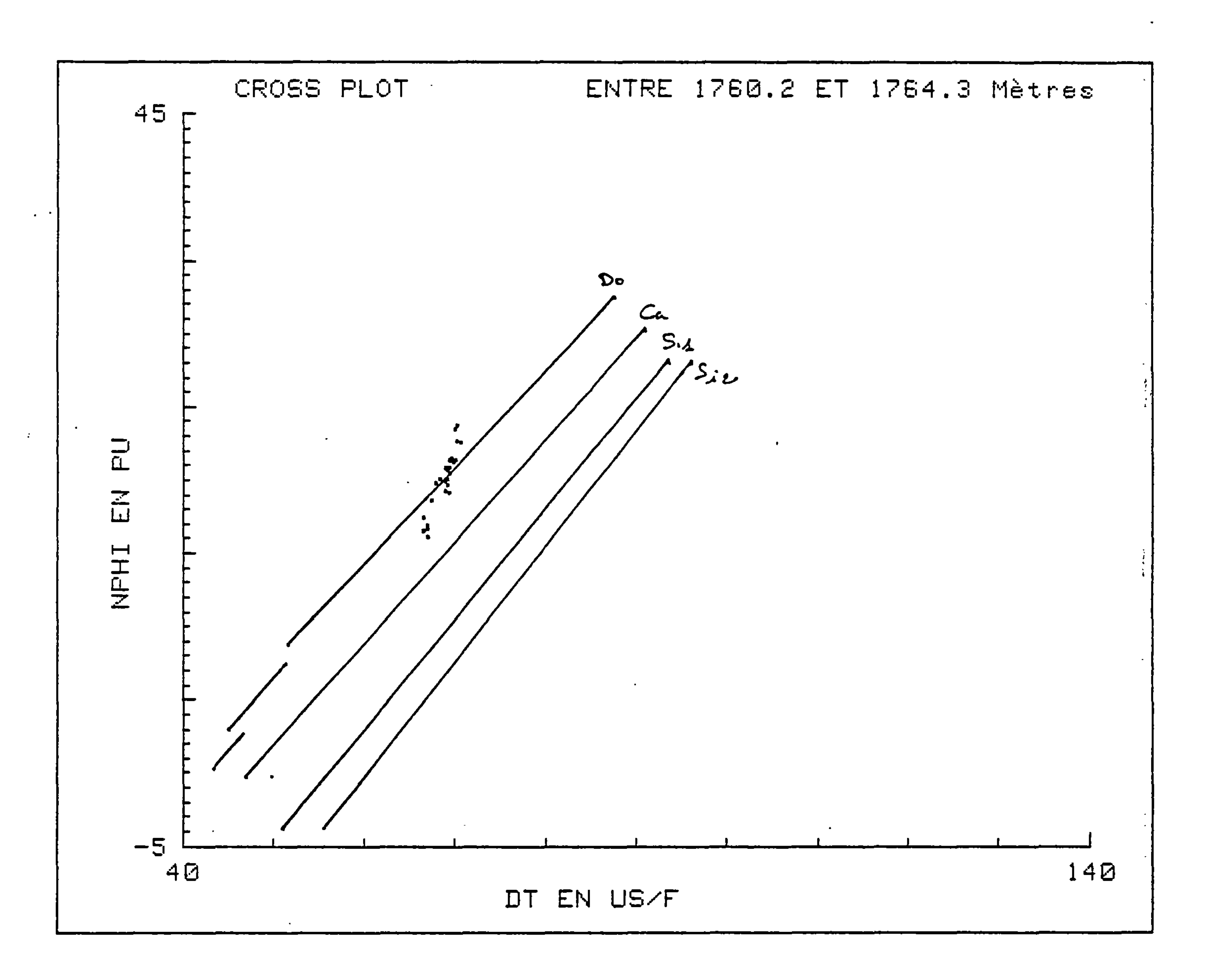
- FIGURE 2 : RESERVOIR R8 -



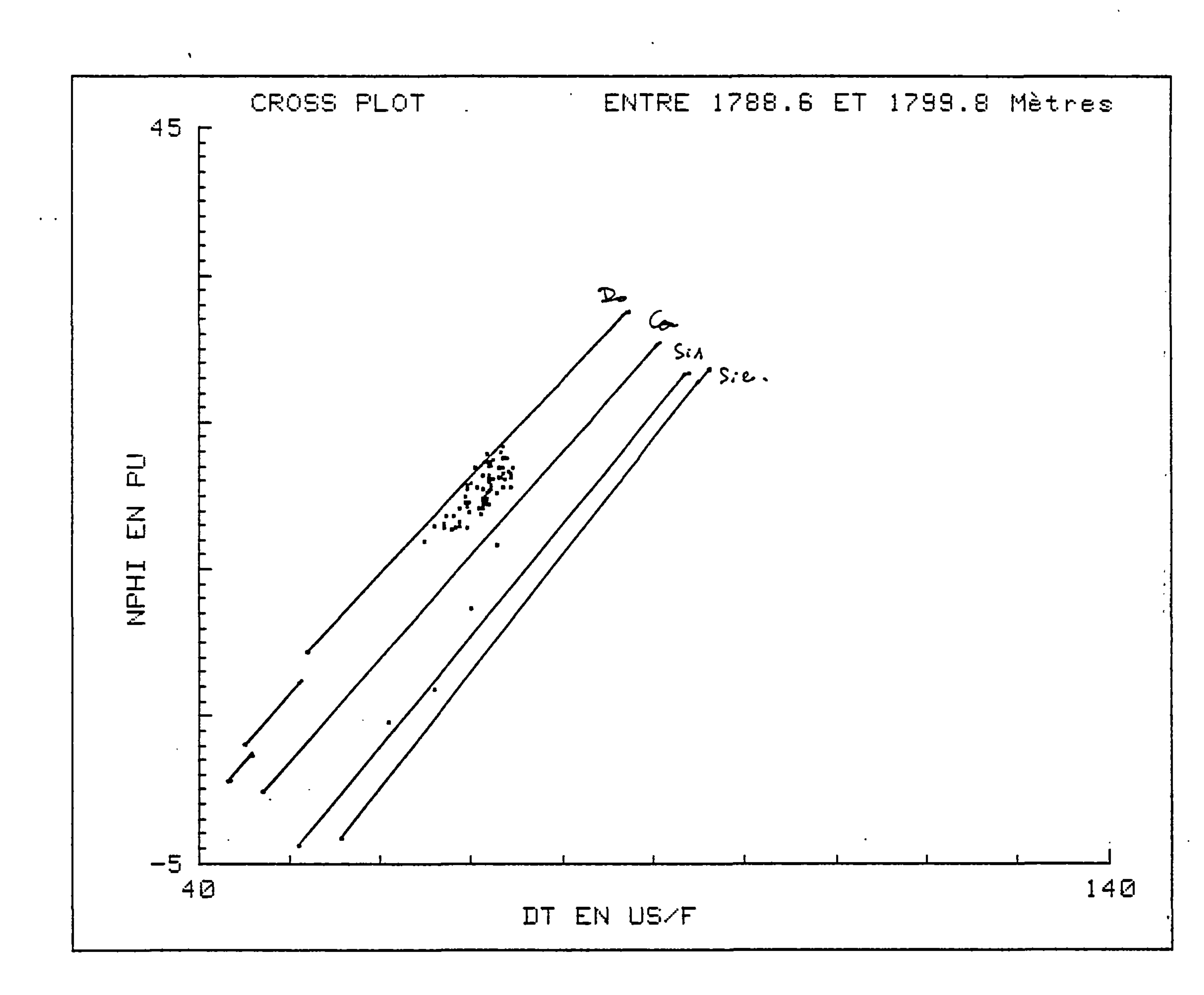
- FIGURE 3 : RESERVOIR R 10 A -



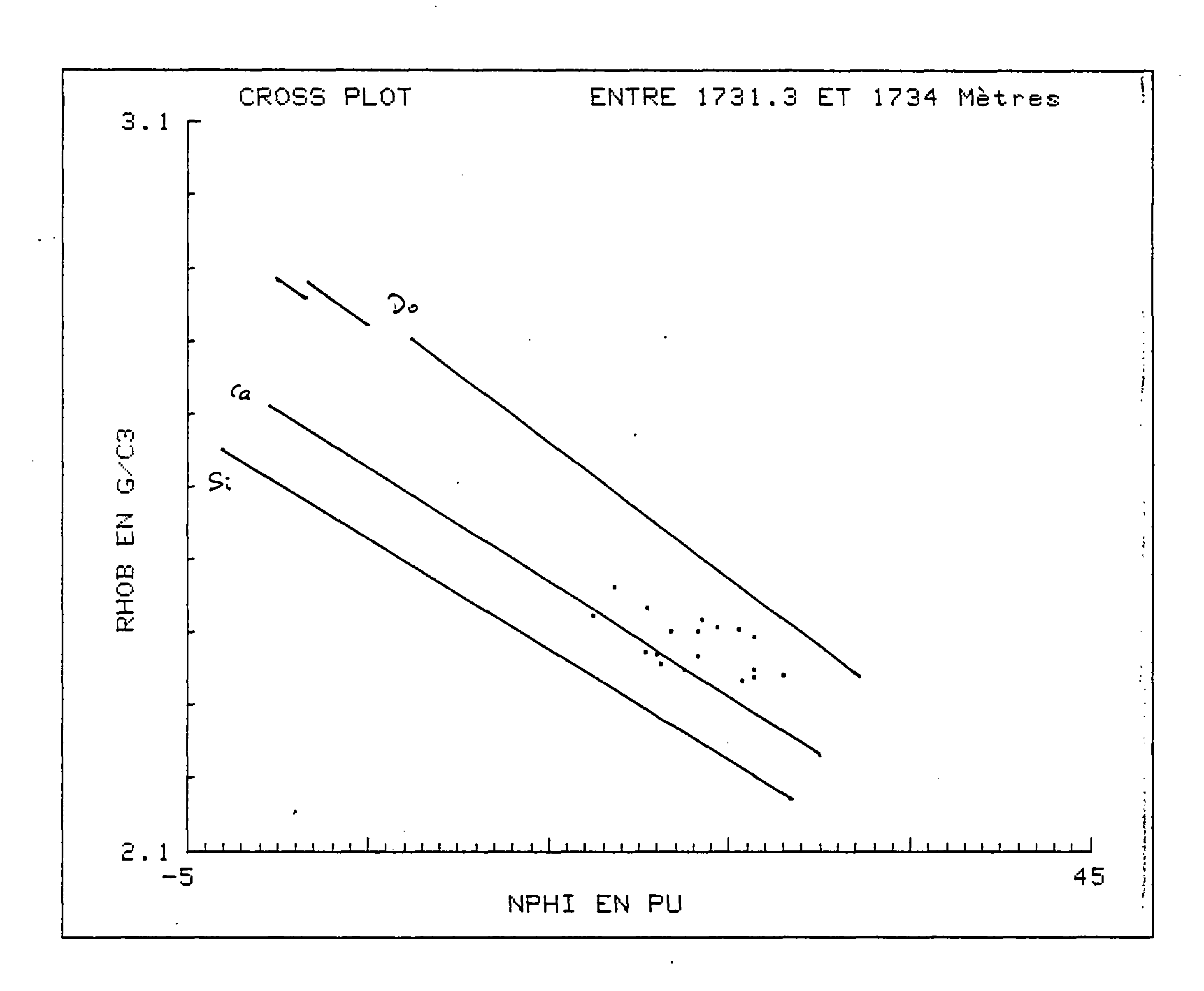
- FIGURE 4 : RESERVOIR R 10 B -



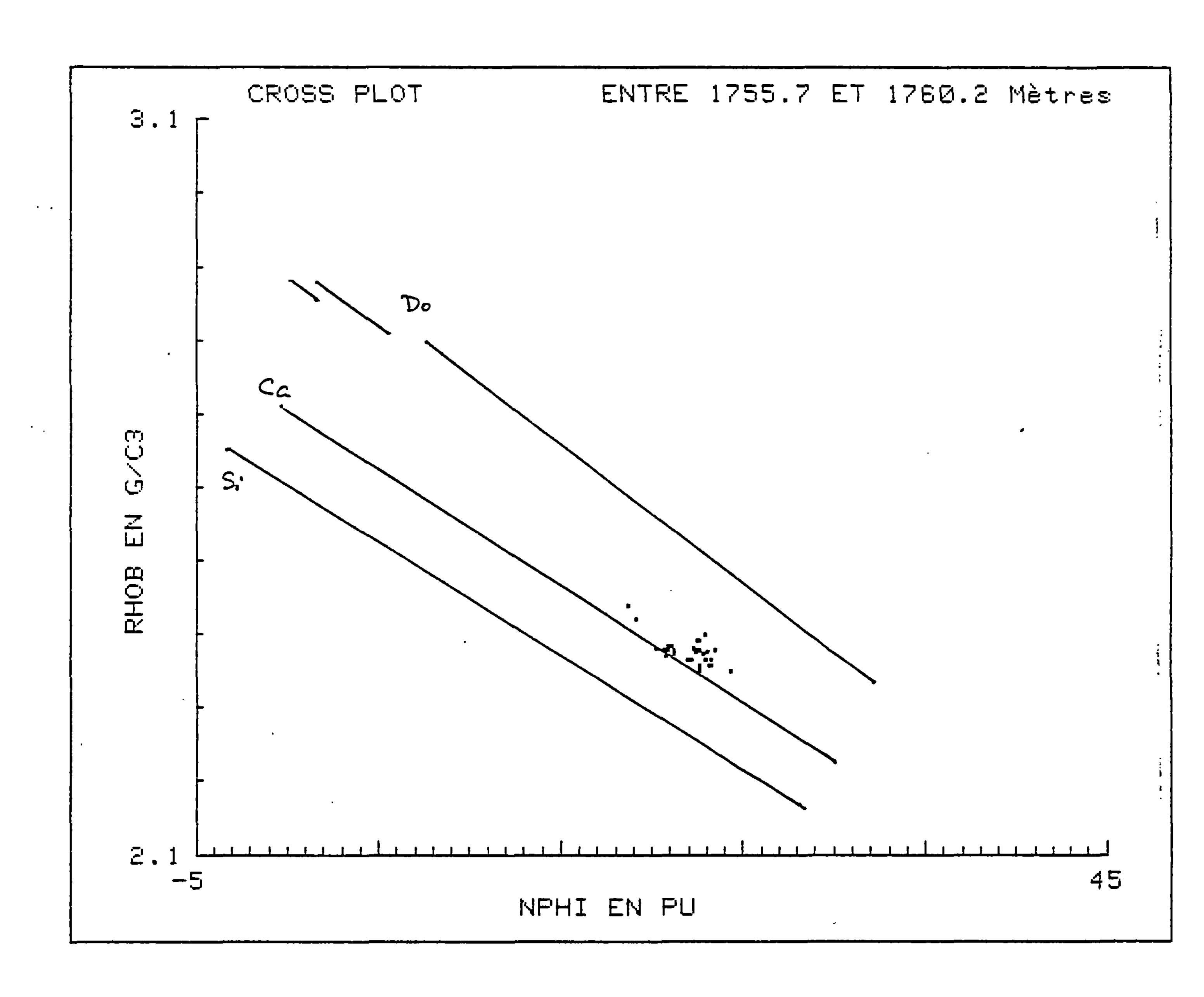
- FIGURE 5 : RESERVOIR R 12 -



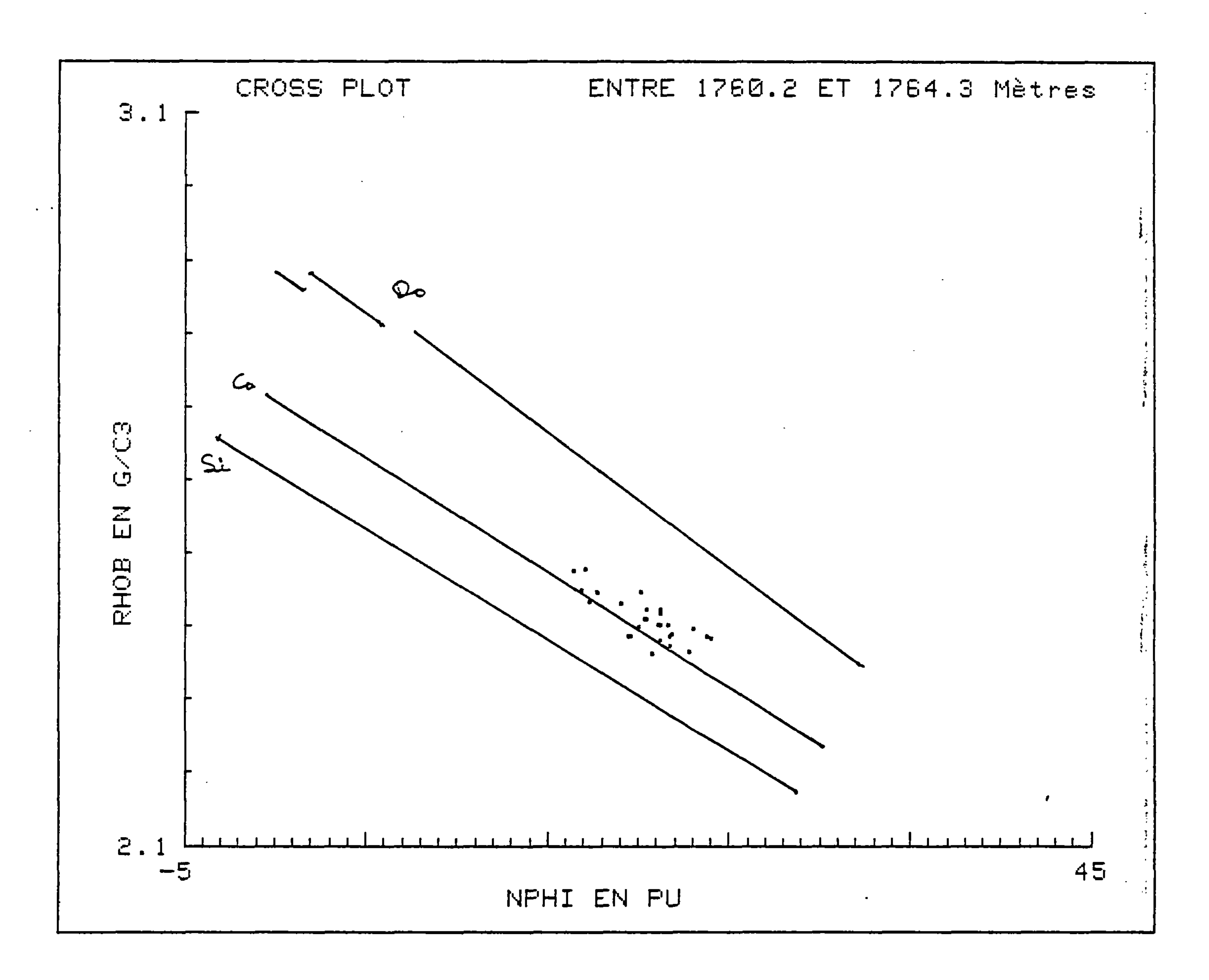
- FIGURE 6 : RESERVOIR R 8 -



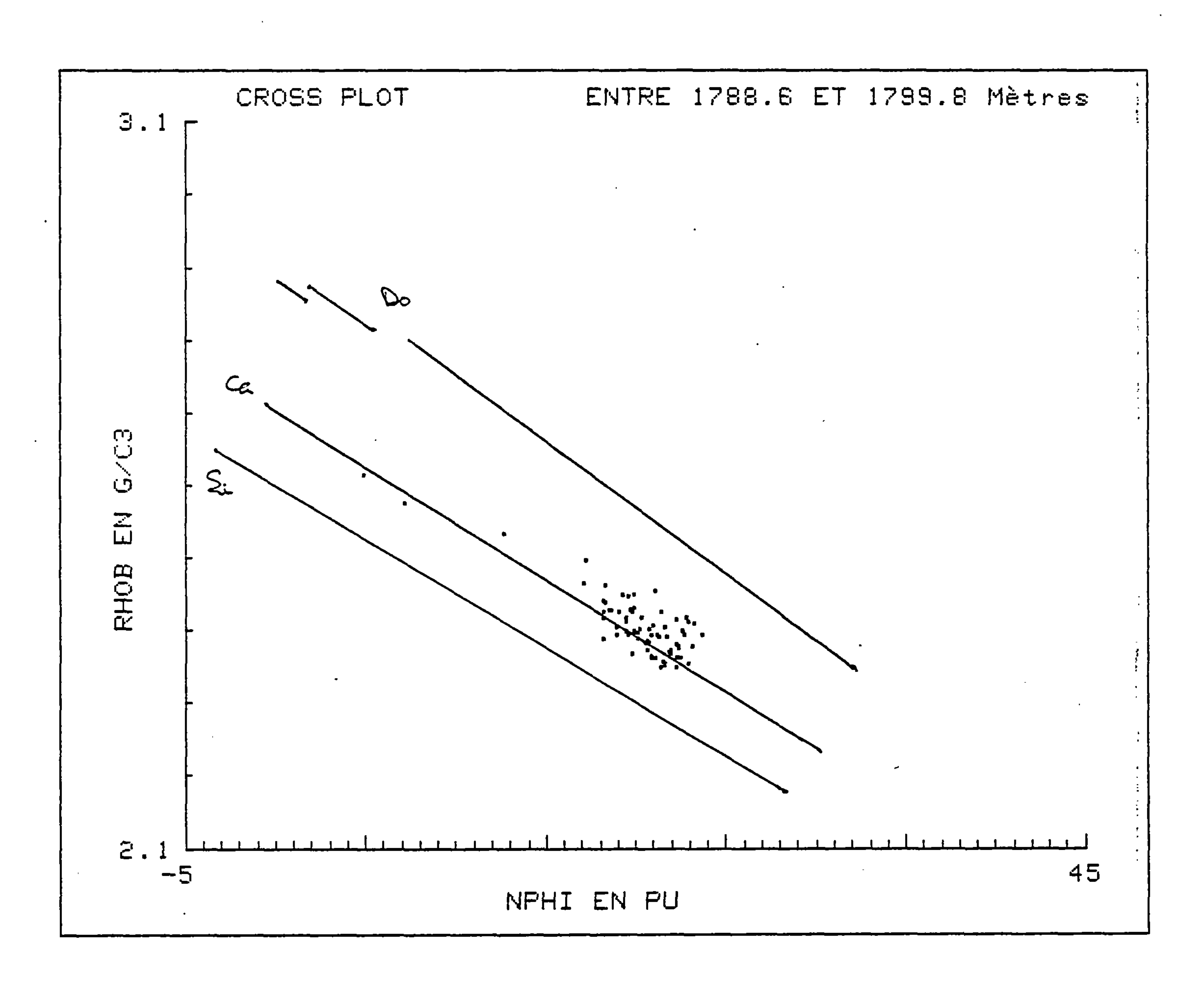
- FIGURE 7 : RESERVOIR R 10 A -



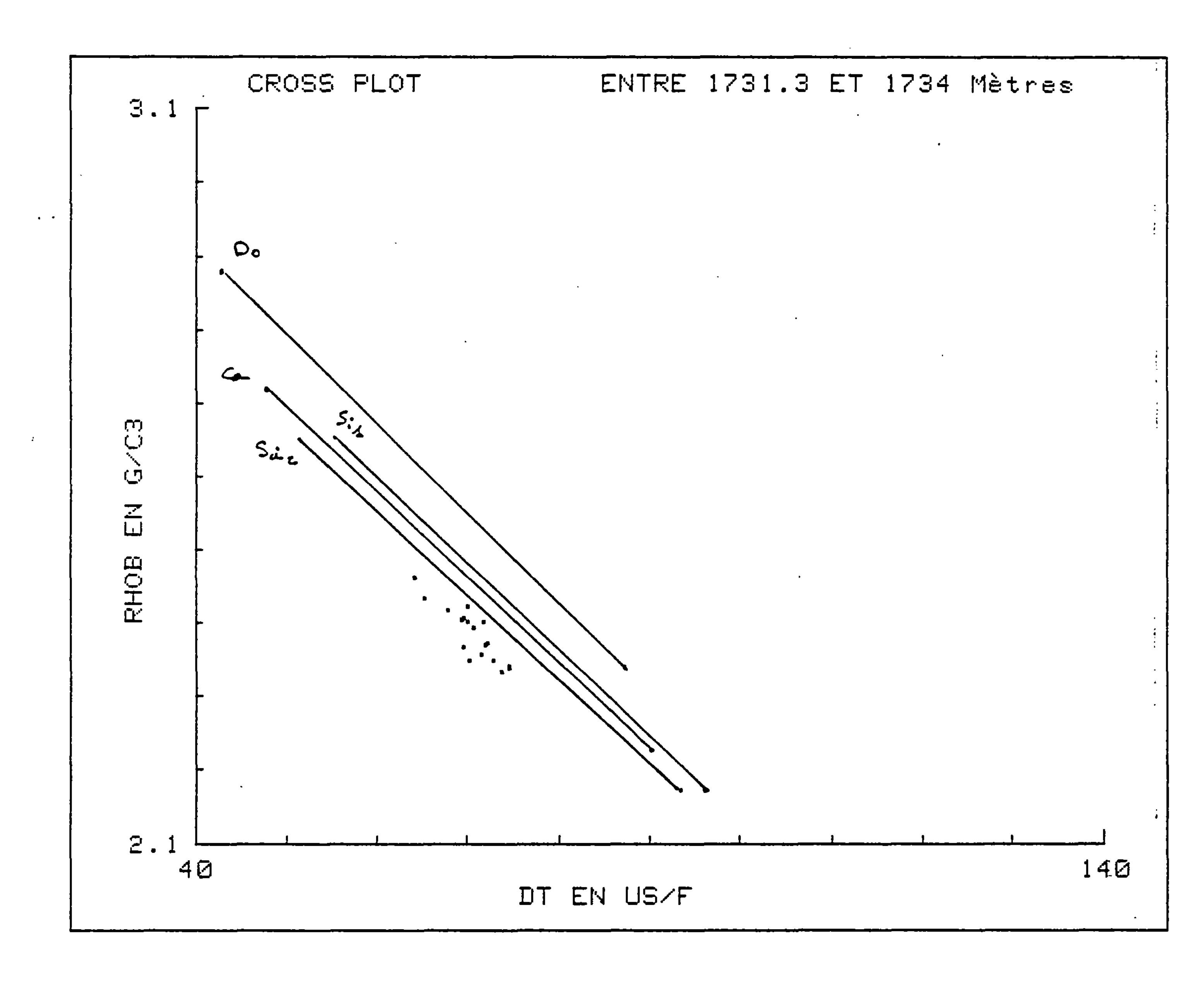
- FIGURE 8 : RESERVOIR R 10 B -



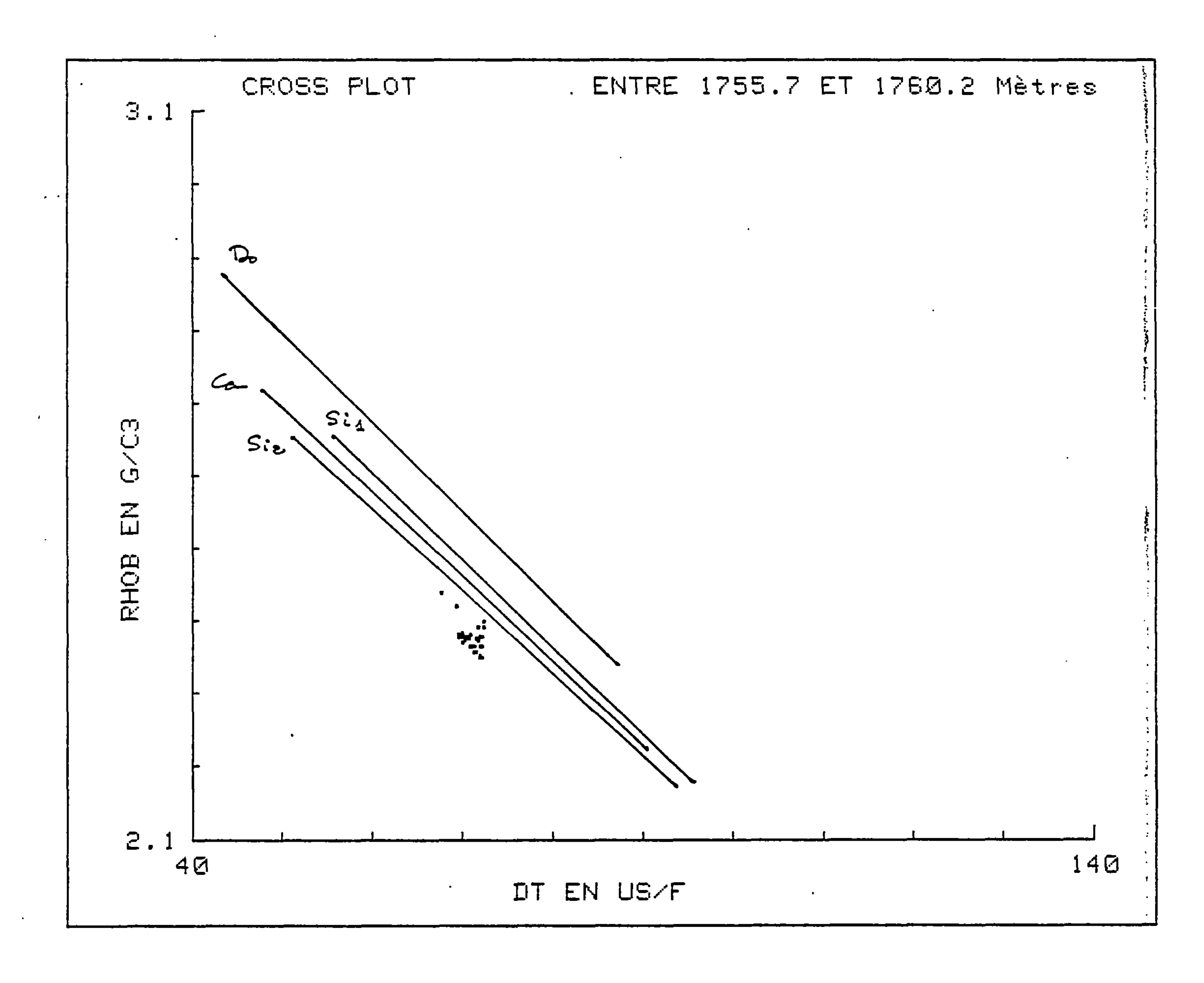
- FIGURE 9 : RESERVOIR R 12 -



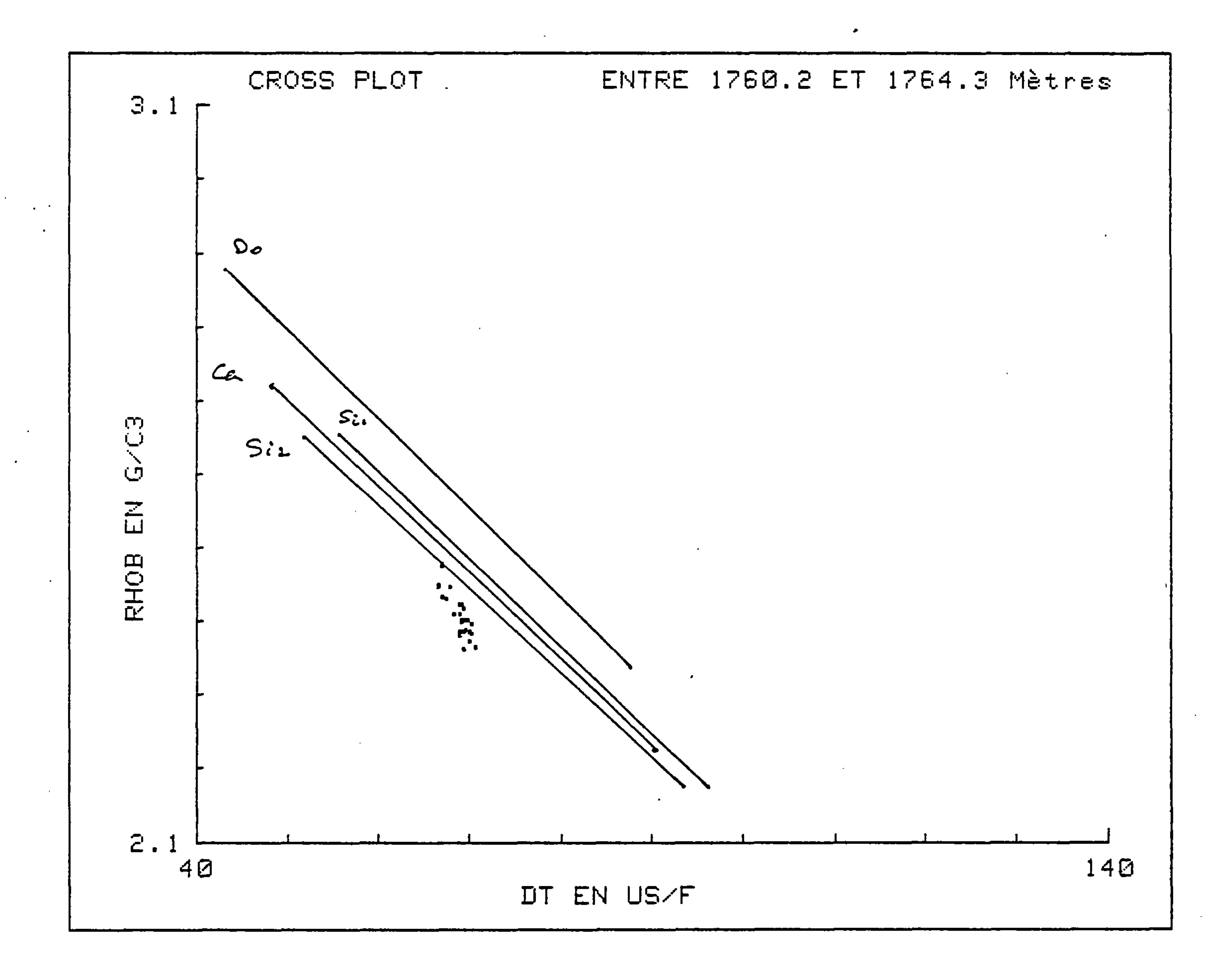
- FIGURE 10 : RESERVOIR R 8 -



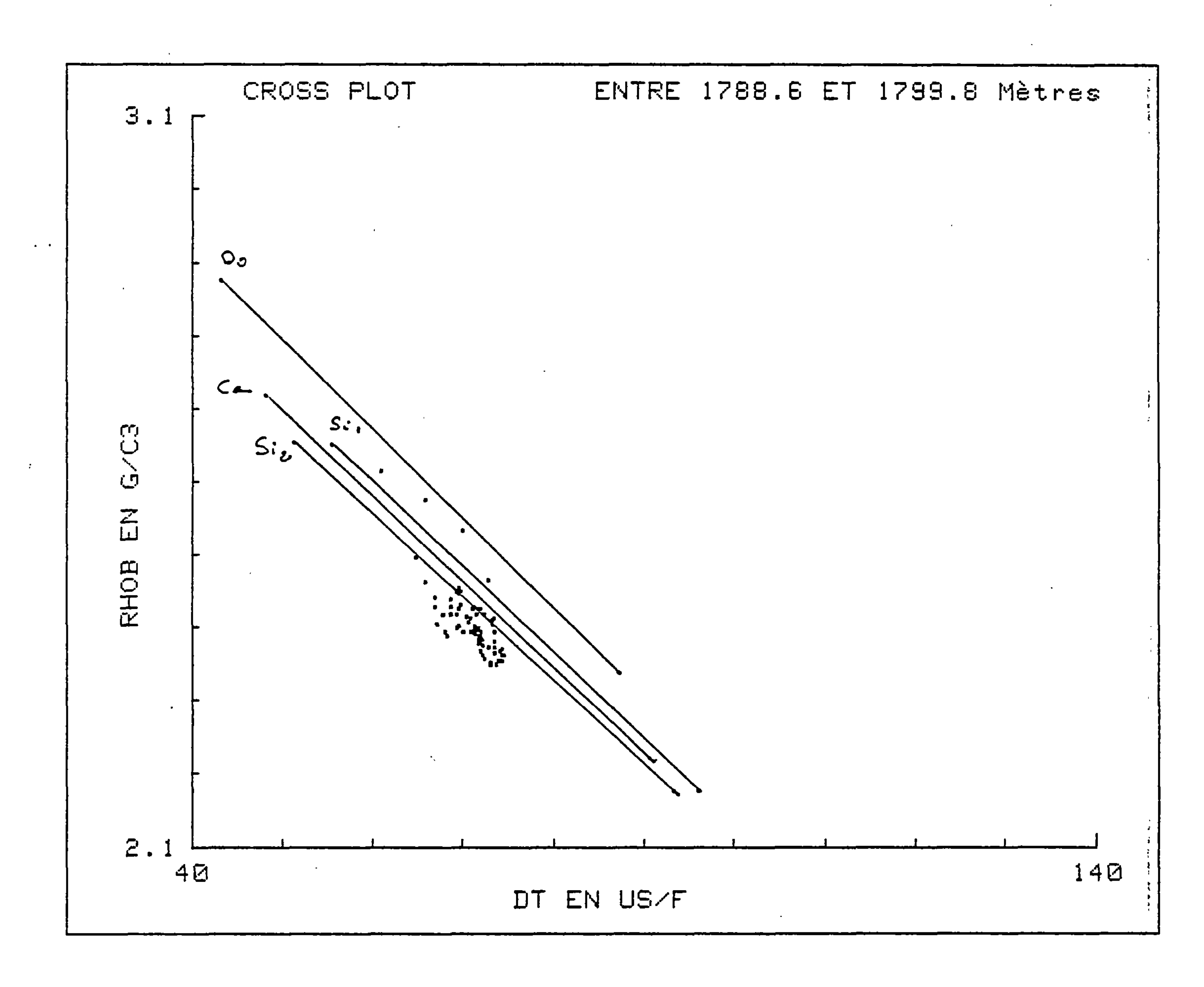
- FIGURE 11 - RESERVOIR R 10 A -



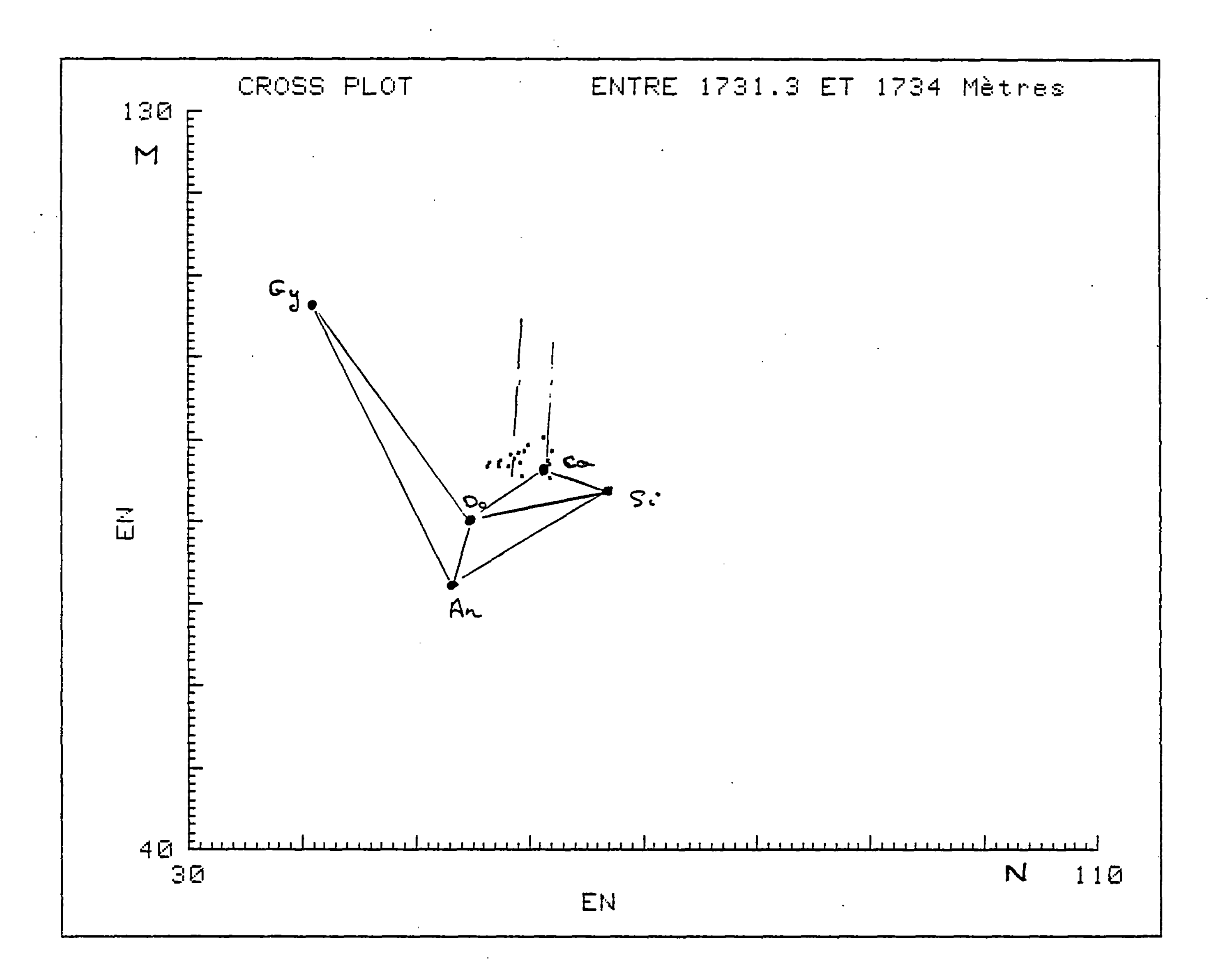
- FIGURE 12 : RESERVOIR R 10 B -



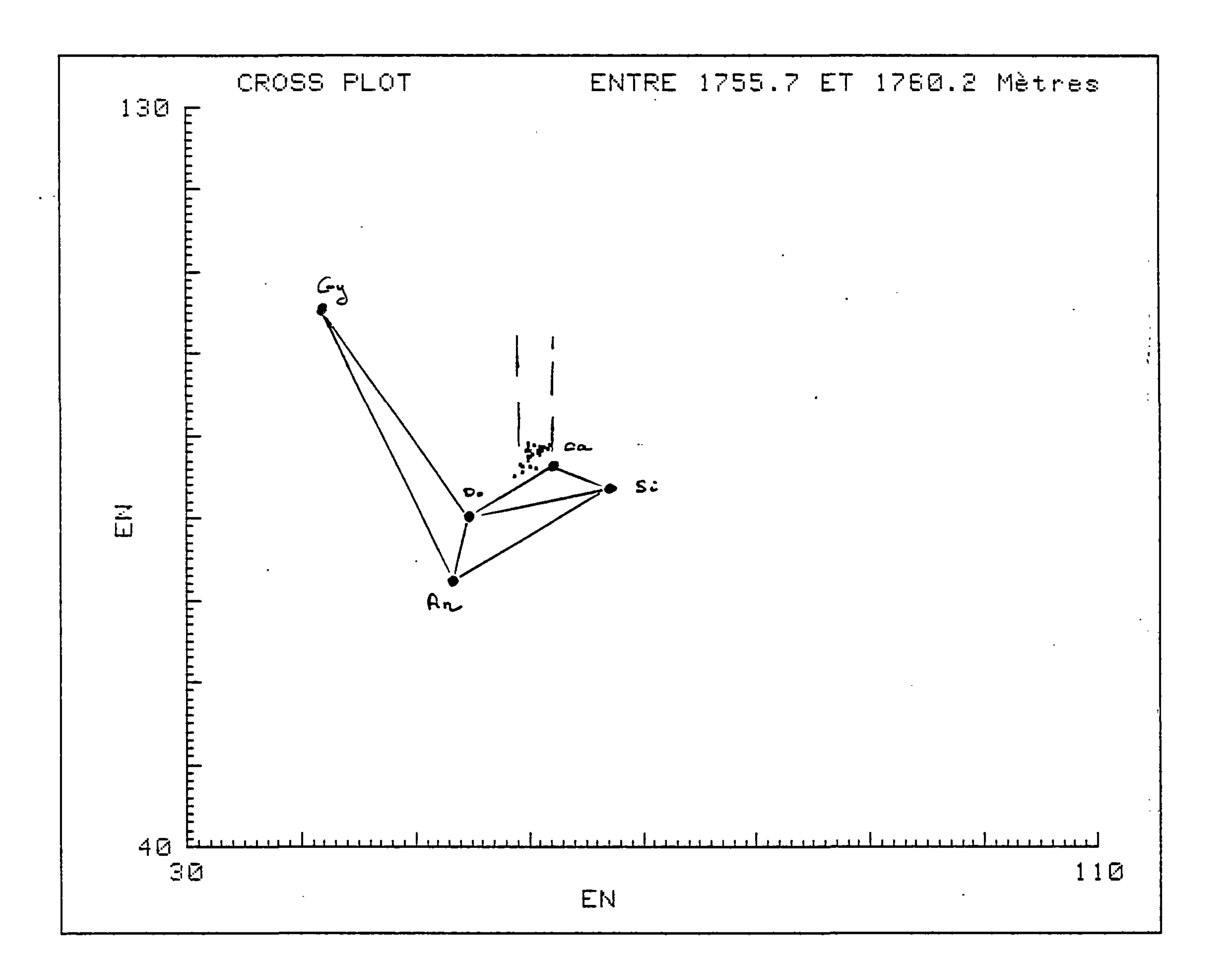
- FIGURE 13 : RESERVOIR R 12 -



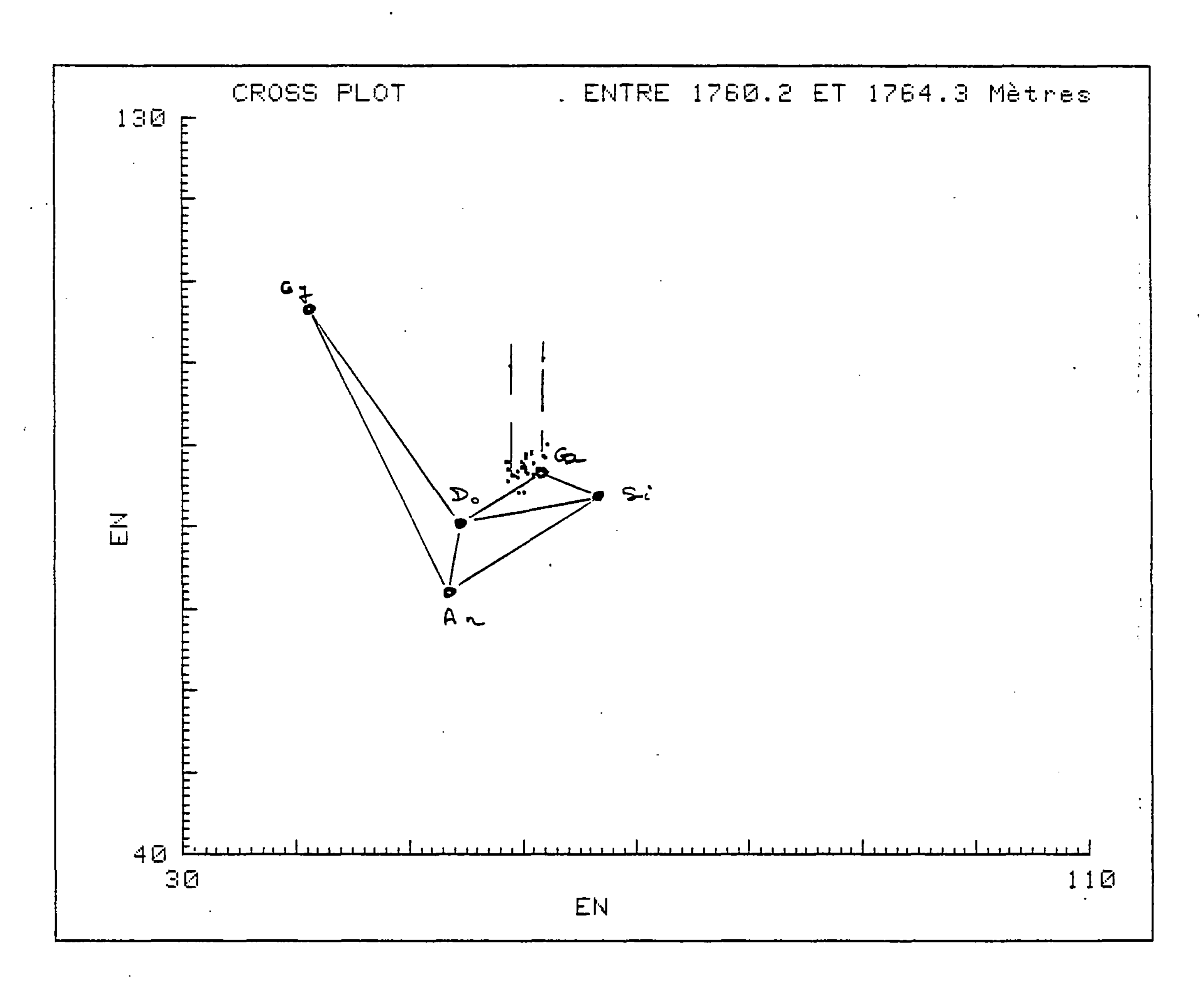
- FIGURE 14 : RESERVOIR R 8 -



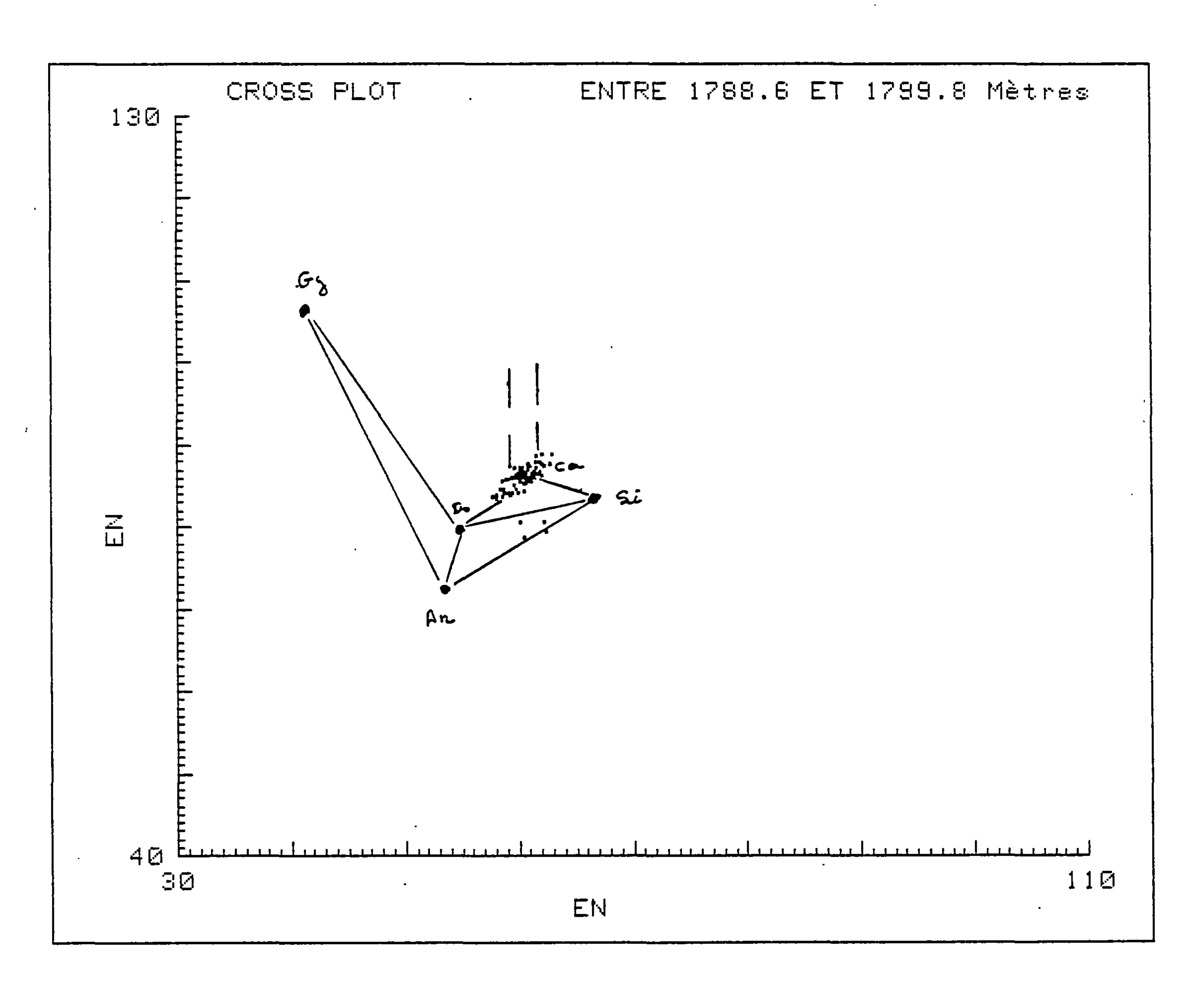
- FIGURE 15 : RESERVOIR R 10 A -



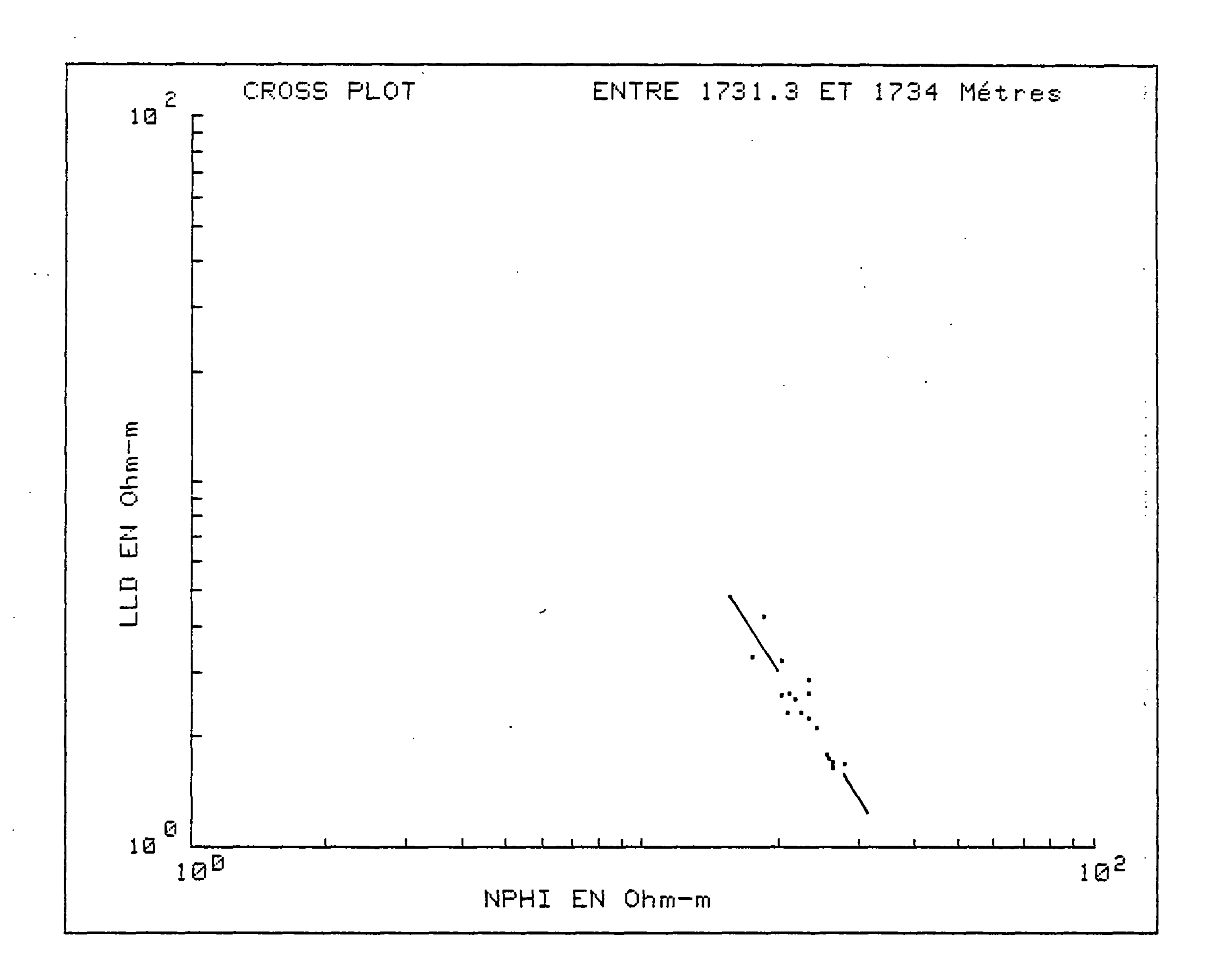
- FIGURE 16 : RESERVOIR R 10 B -



- FIGURE 17 : RESERVOIR R 12 -

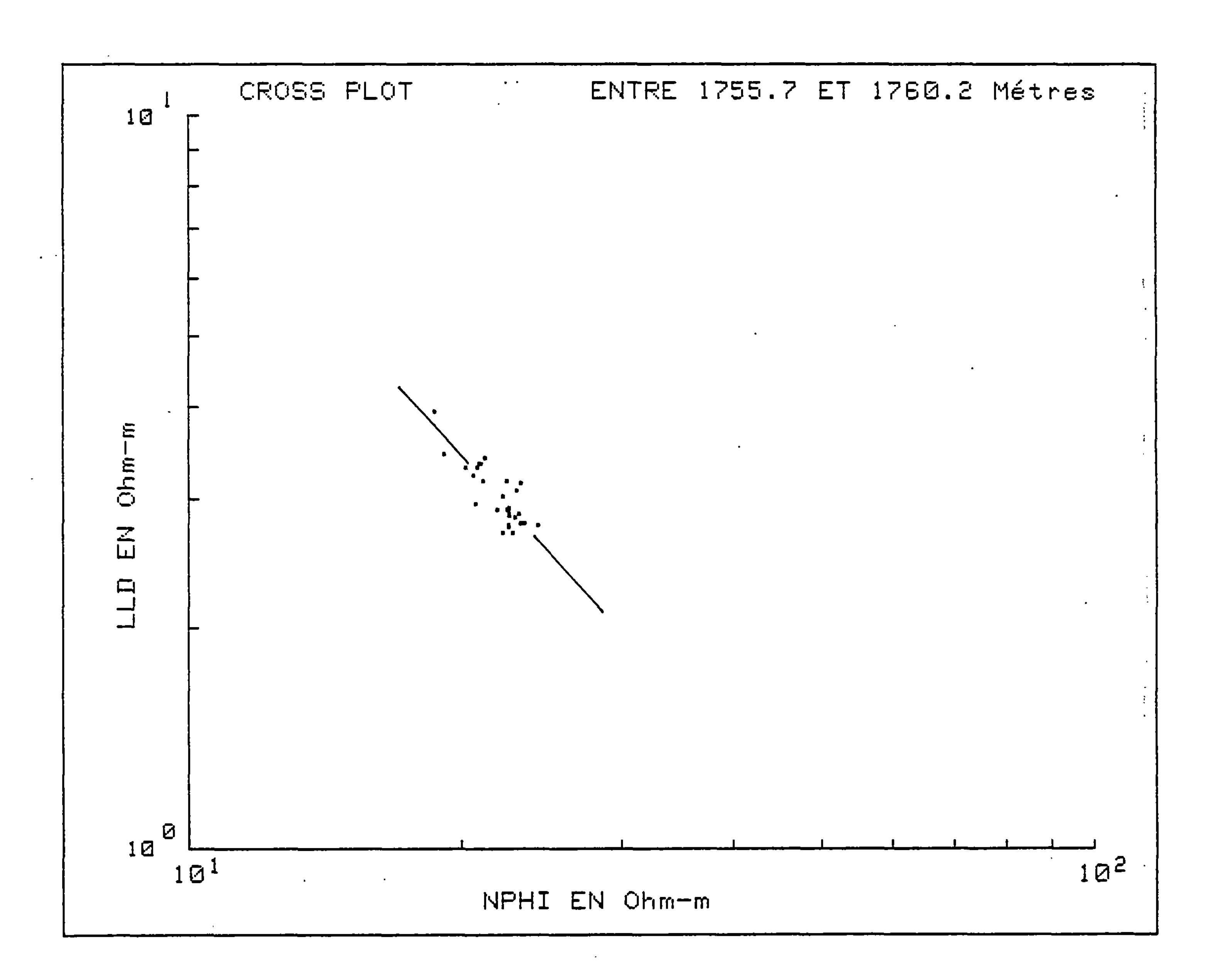


- FIGURE 18 : RESERVOIR R 8 -



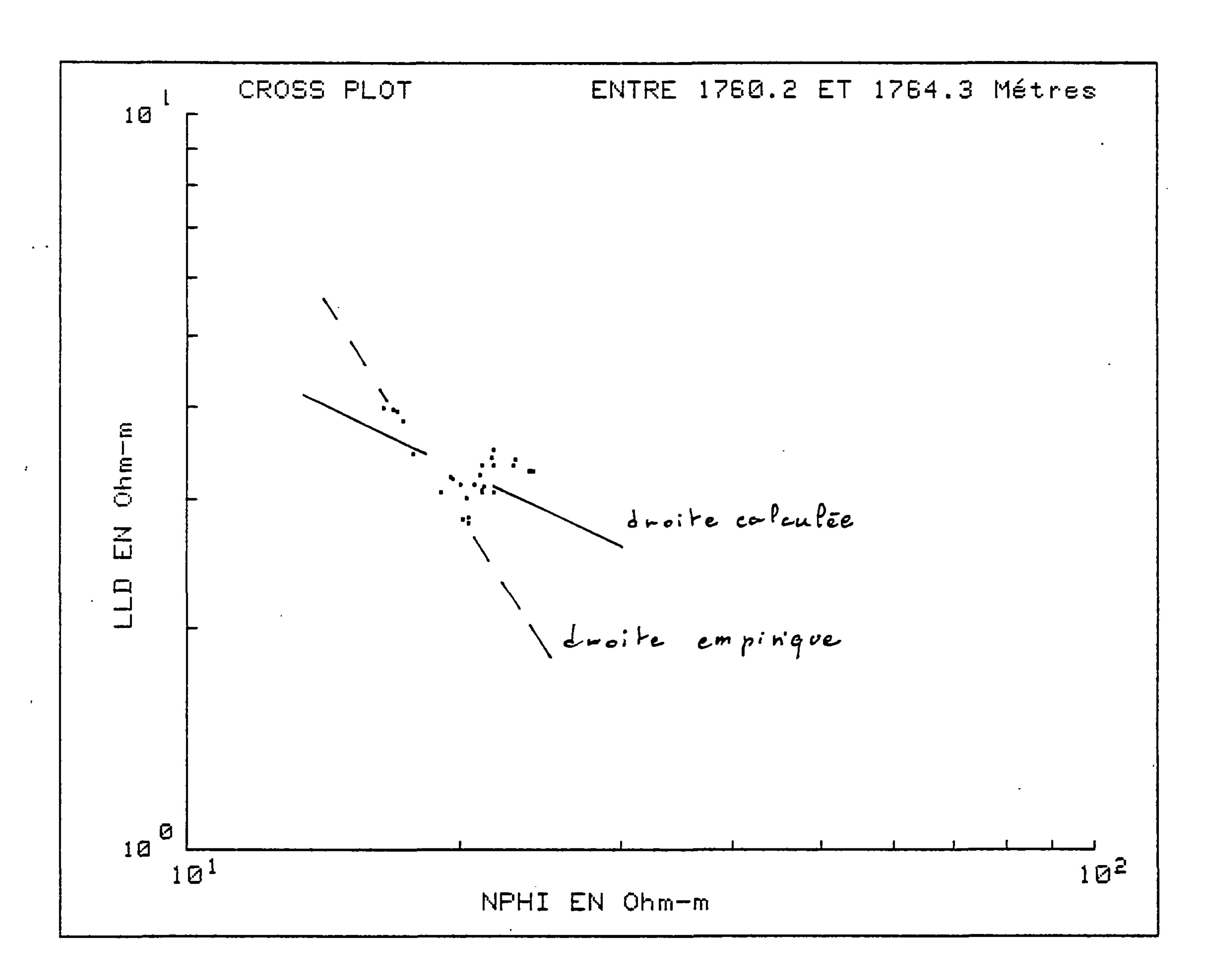
Log_{10} (LLD) = - 1.890 Log_{10} (NPHI) + 2.958

- FIGURE 19 : RESERVOIR R 10 A -



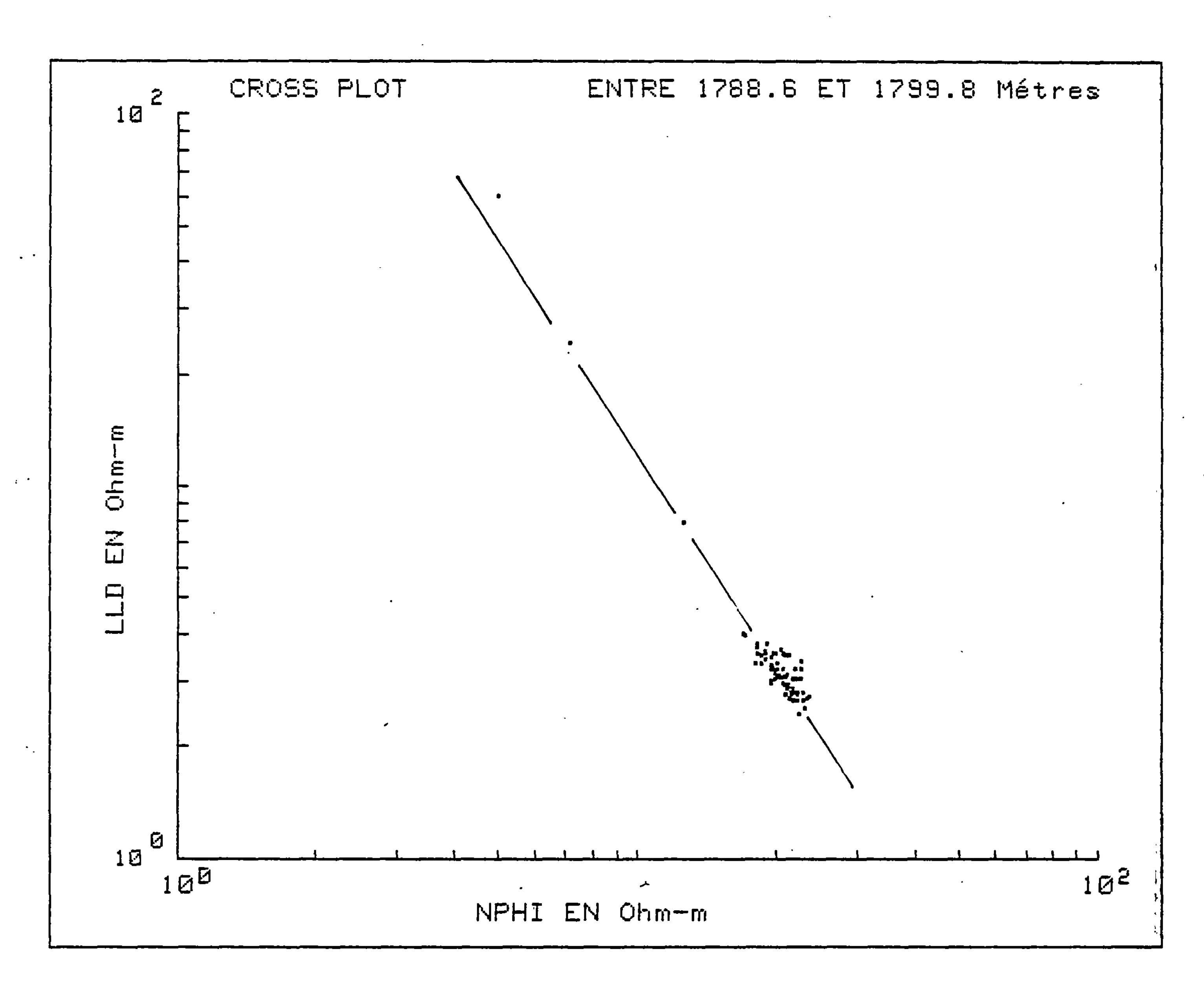
Log_{10} (NLD) = - 1.248 Log_{10} (NPHI) + 2.166

- FIGURE 20 : RESERVOIR R 10 B -



$$\text{Log}_{10}\,(\text{LLD}) = -\ .497\ \text{Log}_{10}\,(\text{NPHI}) + 1.175$$

- FIGURE 21 : RESERVOIR R 12 -



$$\mathrm{Log}_{10}\,(\mathrm{LLD}) = 1.931\ \mathrm{Log}_{10}\,(\mathrm{NPHI}) + 3.057$$

SONDAGE D'AULNAY / BOIS

fig 22

DE 1690 M A 1835 M

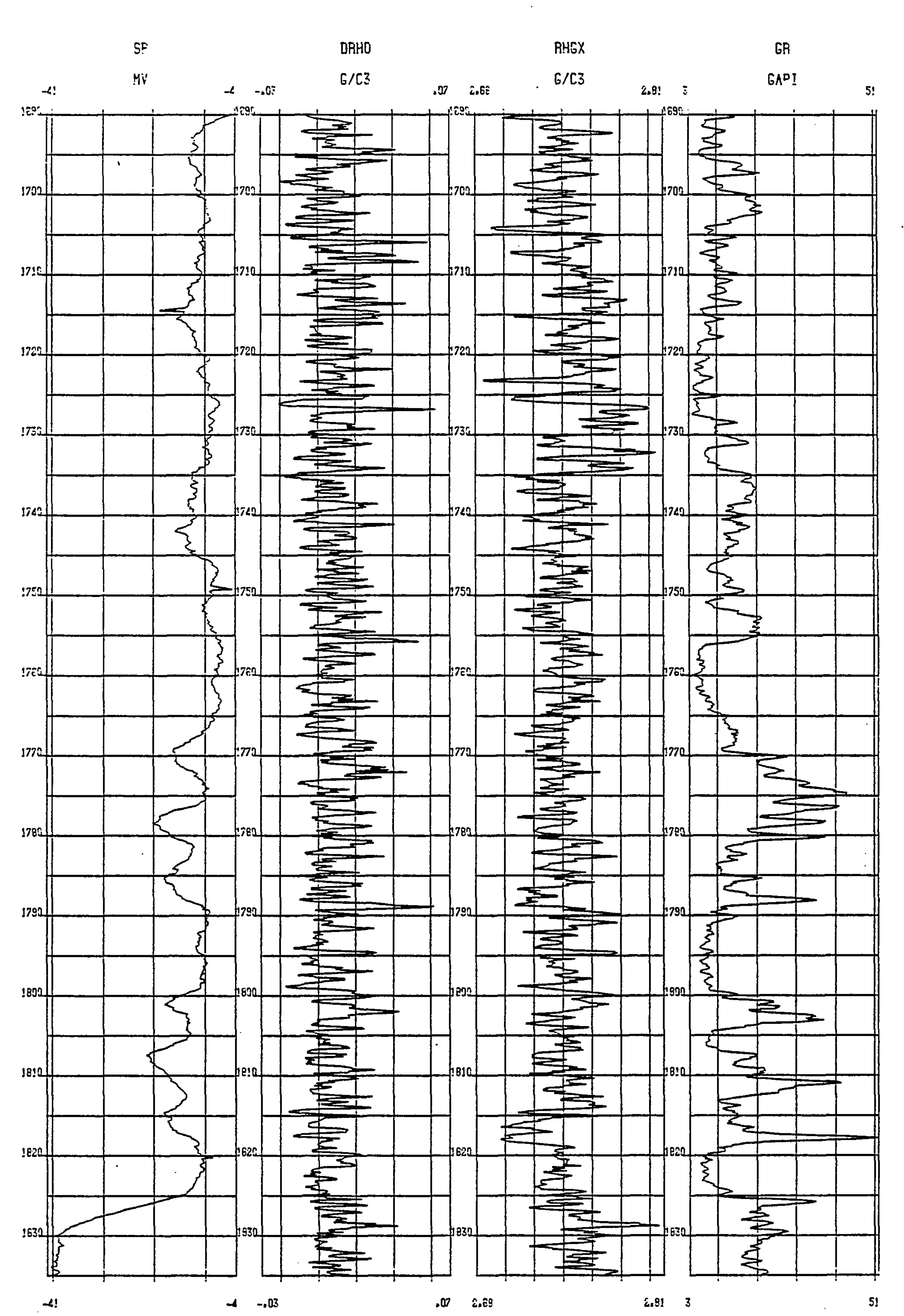


fig 23 SONDAGE D'AULNAY/BOIS
DE 1690 M A 1835 M

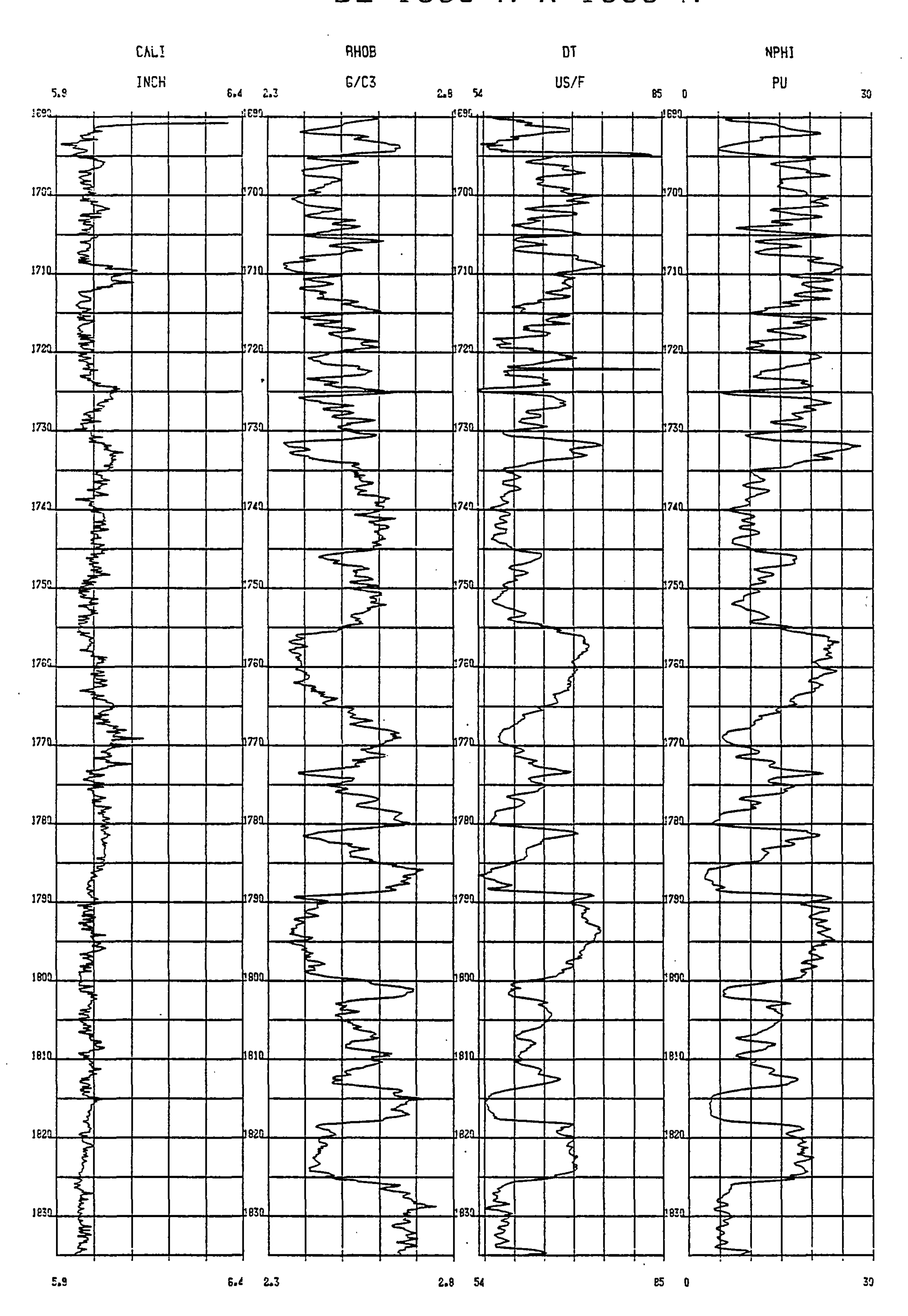
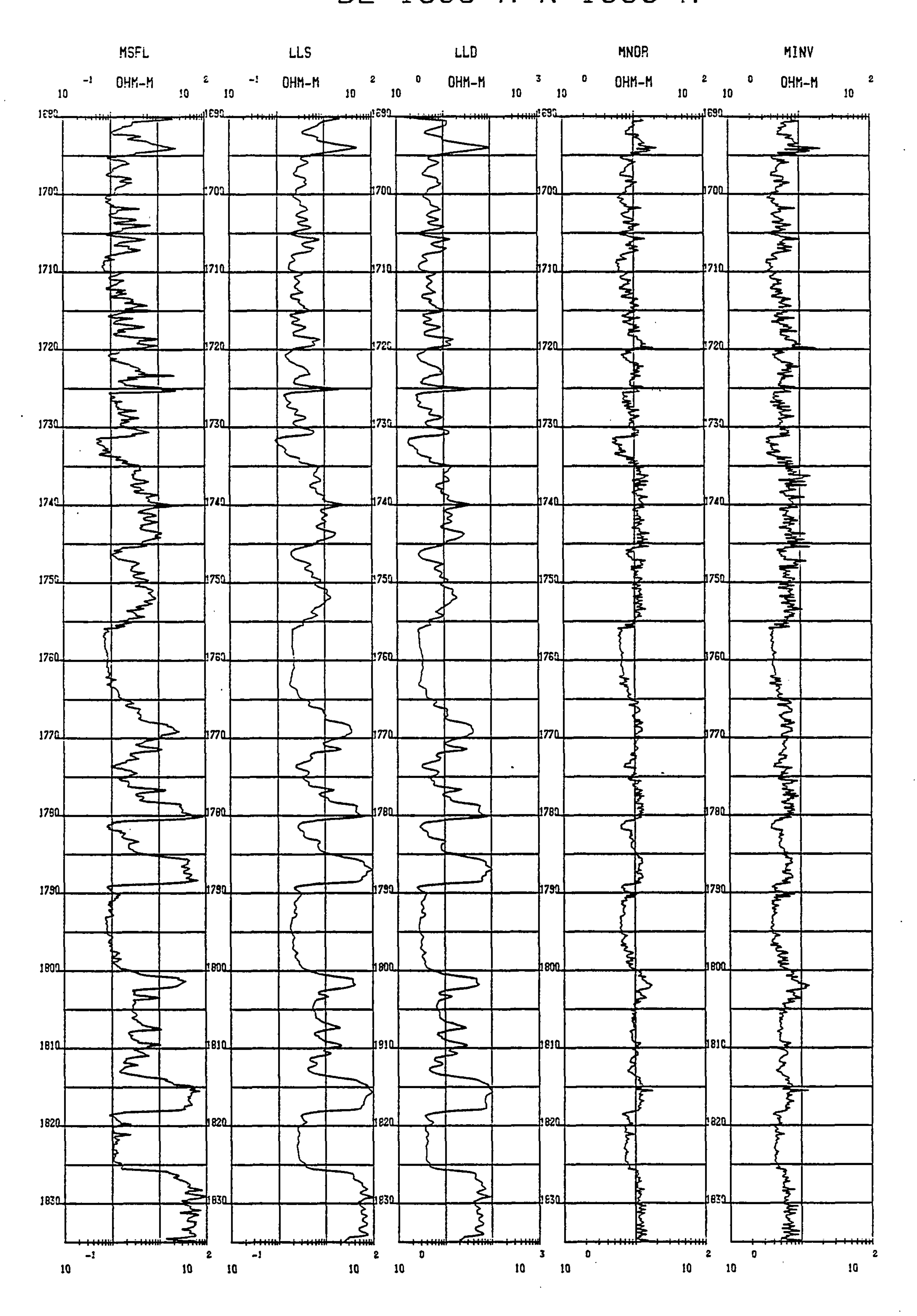


fig 24

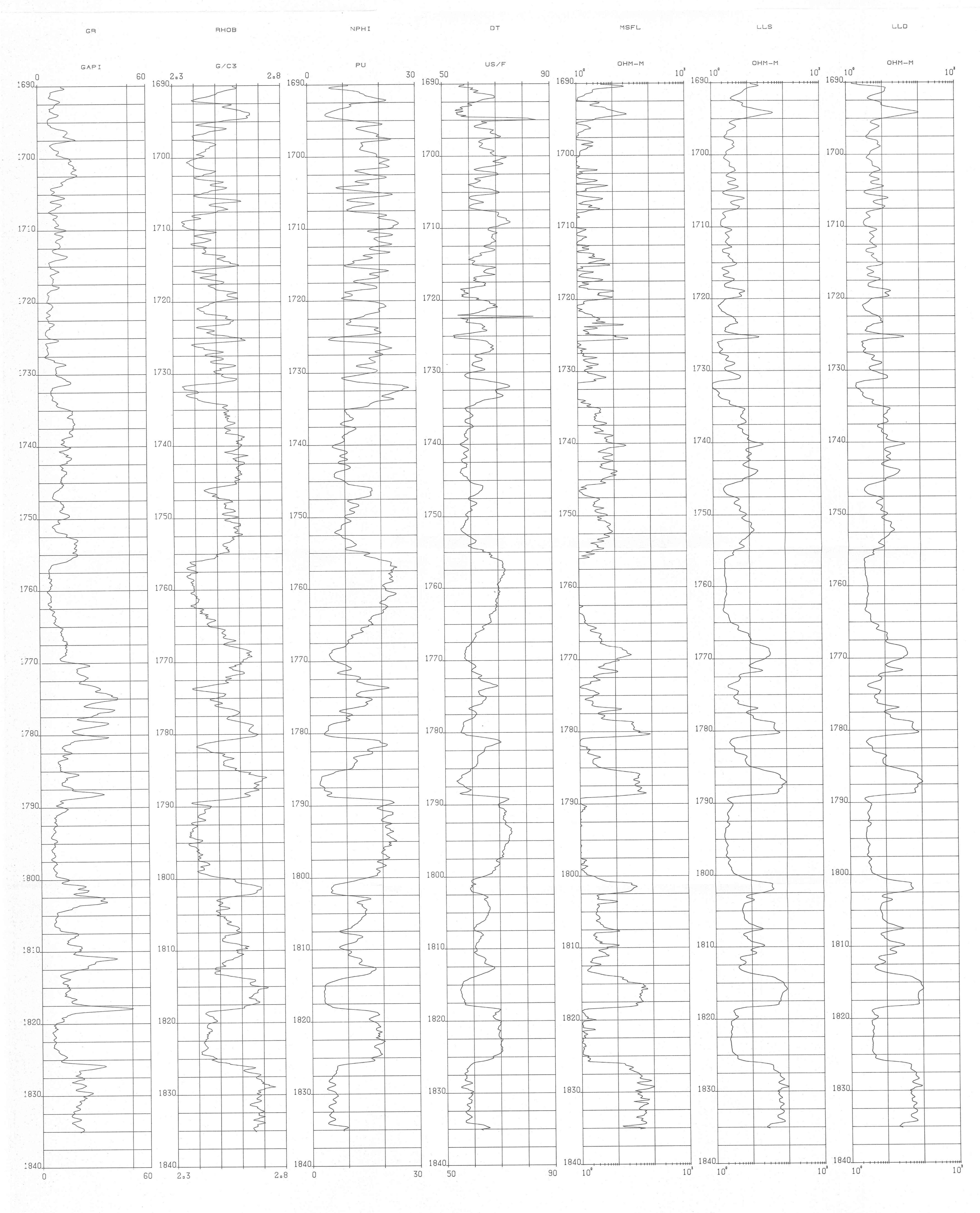
SONDAGE D'AULNAY/ BOIS
DE 1690 M A 1835 M



ENREGISTREMENTS SCHL
AULNAYE SOUS BOIS


(lus sur bandes par GPH 1/250)

DIAGRAPHIE	PAS DE MESURE	VITESSE	EQUIPEMENT	SONDE	OPERATEUR	DATE
GR	.1524 METRE	0 METRES/MIN.	SCHLUMBERGER			31/3/82
RHOB	.1524 METRE	0 METRES/MIN.	SCHLUMBERGER			31/3/82
NPHI	.1524 METRE	0 METRES/MIN.	SCHLUMBERGER			31/3/82
DT	.1524 METRE	0 METRES/MIN.	SCHLUMBERGER			31/3/82
MSFL	.1524 METRE	0 METRES/MIN.	SCHLUMBERGER			31/3/82
LLS	.1524 METRE	0 METRES/MIN.	SCHLUMBERGER			31/3/82
LLD	.1524 METPE	0 METRES/MIN.	SCHLUMBERGER			31/3/82



ENREGISTREMENTS SCHL ET INTERPRETATION FACIOLOG

(livrés par SCHL 1/250)



INTERPRETATIONS "NUEES DYNAMIQUES"

(realisees par GPH 1/250)

MSFL DE 1690 M A 1835 M . ECH:1/250

SEPT
SIX
SEPT
DEUX
SIX
SIX
HUIT
SIX
HUIT
HUIT
SEPT
SEPT
SIX
SEPT
SEPT
SIX
HUIT
SIX
SIX
SIX
SEPT
SIX
SIX
SEPT
SIX
SEPT
SIX
DEUX
SIX
SIX
SEPT
SIX
SEPT
HUIT
SIX
SEPT
DEUX
SEPT
SEPT
SEPT
SIX
SEPT
SEPT
SIX
SIX
SEPT
DEUX
SEPT
UN
HUIT
UN
UN
CINQ
DEUX
CINQ
HUIT
SIX
SEPT
DEUX
CINQ
SIX
SEPT
DEUX
UN
SIX
SEPT
SEPT
UN
SIX
SEPT
DEUX
CINQ
HUIT
SIX
CINQ
DEUX
DEUX

1691.1
1692.3
1693.5
1694.4
1695.9
1696.6
1697.8
1699.8
1701.8
1702.9
1703.6
1704.4
1705.4
1706.4
1707.4
1708.5
1710
1710.8
1712.1
1713.4
1715.2
1717.1
1718.2
1719.9
1722
1723.3
1724.6
1725.5
1727.8
1728.4
1729.2
1729.8
1731.2
1732
1734.1
1739.7
1740.3
1742.2
1743.7
1745.5
1746.9
1752.1
1755.1
1755.9
1765.2
1768.1
1770.3
1771.4
1773.3
1773.9
1776.7
1777.9
1778.9
1780
1780.6
1781.3
1782.5
1785.1
1787.7
1789.2
1799.8
1800.7
1802.3
1804
1805.1
1809.5
1810.4
1812.4
1813.2
1813.8
1817.4
1818.1
1818.7
1825.5
1826.3
1829.6
1835

MSFL DE 1690 M A 1835 M . ECH:1/250

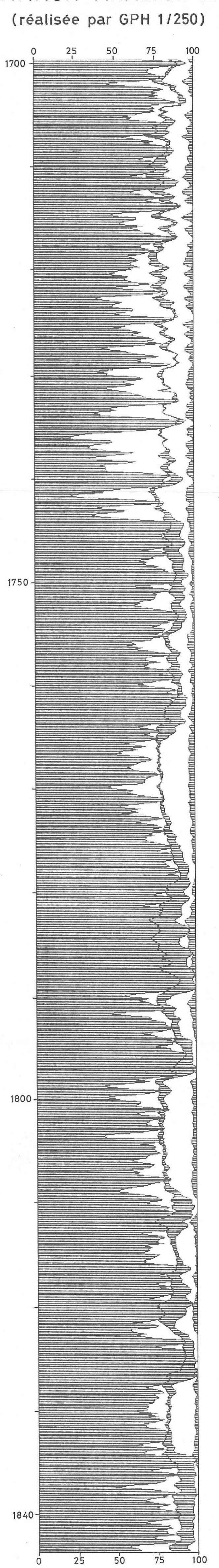
SEPT
SIX
SEPT
DEUX
SIX
SEPT
SIX
SIX
SIX
SEPT
SIX
SEPT
SEPT
SIX
SEPT
SIX
SEPT
SIX
SEPT
SIX
SEPT
SIX
DEUX
SIX
SIX
SEPT
SEPT
SIX
SEPT
DEUX
SEPT
SEPT
SEPT
DEUX
SEPT
SIX
SEPT
SEPT
UN
SIX
SEPT
DEUX
TROIS
SEPT
UN
TROIS
TROIS
CINQ
DEUX
CINQ
SIX
SEPT
DEUX
CINQ
SIX
SEPT
CINQ
UN
SEPT
SEPT
SEPT
SEPT
TROIS
UN
SIX
SEPT
DEUX
TROIS
SIX
CINQ
DEUX
DEUX
DEUX
CINQ
DEUX
CINQ

1691.1
1692.3
1693.4
1694.7
1695.5
1696.1
1698.4
1701.9
1703
1704.4
1705.4
1706.4
1707.4
1713.4
1715.2
1716.9
1717.5
1718.2
1719.9
1722
1723.4
1724.6
1725.5
1727.8
1728.4
1729.6
1731.2
1734.1
1739.7
1740.3
1741.3
1742.2
1743.4
1744.2
1745.7
1746.9
1752.1
1754.7
1755.3
1765.2
1768.1
1770
1770.5
1771.6
1776.3
1777.8
1778.4
1779
1779.8
1780.6
1782.5
1785.1
1787.7
1788.8
1799.8
1801.1
1802.2
1803.6
1804.4
1805
1809.5
1810.4
1811
1812.4
1813.2
1813.8
1817.5
1818.2
1825.8
1826.3
1827.6
1828.5
1829.3
1830.6
1834.4
1835

Pl. 3

INTERPRETATION "ANALYSE LINEAIRE"

(réalisée par GPH 1/250)



Pl. 4